

녹색성장연구 2009-08

# 온실가스 저감잠재성 분석 및 감축정책 연구 - 수송 및 건물부문

강만옥 | 강광규 | 이상엽 | 한상운 | 민동기 | 이병진

## ✧ 연구진

연구책임자 강만옥(한국환경정책·평가연구원 연구위원)  
참여연구원 강광규(한국환경정책·평가연구원 선임연구위원)  
이상엽(한국환경정책·평가연구원 책임연구원)  
한상운(한국환경정책·평가연구원 책임연구원)  
민동기(건국대학교 경제학과)  
이병진(한국환경정책·평가연구원 연구위원)

## ✧ 외부자문위원

박천규(환경부 기후대기정책과)  
강승진(한국산업기술대학교 에너지정책대학원)  
손양훈(인천대학교 경제학과)  
황상규(한국교통연구원)

© 2009 한국환경정책·평가연구원

---

<b>발행인</b>	<b>박태주</b>
<b>발행처</b>	한국환경정책·평가연구원 서울특별시 은평구 진흥로 290 전화 02)380-7777 팩스 02)380-7799 <a href="http://www.kei.re.kr">http://www.kei.re.kr</a>
<b>인쇄</b>	2009년 12월 26일
<b>발행</b>	2009년 12월 31일
<b>출판등록</b>	제17-254호
<b>ISBN</b>	978-89-8464-414-4

---

값 15,000원

# 서 언

현재 기후변화협약은 감축, 적응, 기술, 재원 등을 중심으로 포스트 교토체제 및 장기협력방안에 관한 협상종료 시한을 2009년 제15차 당사국 총회로 결정하고, 논의를 진행하고 있습니다. 선진국의 감축관련 논의사항으로는 포스트 교토 체제에 대비하여 온실가스의 측정 및 보고, 검증 가능한 적절한 국내적 감축공약·정책 등이 현재 주요 이슈입니다. 개도국 감축과 관련해서는 선진국들의 지원(기술 및 재정)과 개도국 내의 자발적 노력을 바탕으로 적절한 감축정책 및 목표가 설정될 수 있도록 논의가 이루어지고 있습니다.

우리나라의 경우 기후변화협약 등 지구환경문제에 매우 취약한 상태에 있어 관련대책 마련이 필요한 실정입니다. 우리나라는 이산화탄소 배출량 증가율이 세계 1위이며 OECD 평균인 0.8%에 비해 10배나 높은 상황입니다. 또한 기후변화협약 제13차 당사국총회(2007.12)에서 채택된 『발리 로드맵』(Post-2012 체제논의)은 향후 우리나라에 대해 온실가스 의무 감축을 부여할 것으로 전망됩니다.

2005년도 우리나라의 주요 부문별 이산화탄소 배출량 구성을 보면 에너지산업부문이 43%로 가장 높고, 그 다음은 수송부문으로 22%를 점유하고 있으며, 제조업이 19% 순으로 나타났습니다. 수송부문의 이산화탄소 배출구성을 보면 도로가 78.2%로 가장 높고 그 다음이 항해(13.2%), 항공(6.4%) 순으로 나타났습니다. 건물부문은 전체 에너지 소비의 20% 정도로 상당한 비중을 차지하고 있으며 2005년 기준으로 가정·상업부문의 이산화탄소 배출량은 약 7,900만 톤으로 전체의 약 14%를 점유하고 있습니다.

이에 본 연구는, UNFCCC의 발리 로드맵 채택으로 2013년 이후 우리나라가 온실가스 의무 감축국이 될 가능성이 높아짐에 따라 온실가스 감축잠재력이 비교적 큰 수송 및 건물부문에서 온실가스 저감 잠재량을 추정하고, 배출량 감축을 실현할 수 있는 구체적인 정책 수단을 모색하여

제시함으로써 국가 온실가스 저감정책에 기여하고자 합니다.

본 연구는 본 원의 강만옥 박사가 연구 책임을 맡았고 강광규 박사, 이상엽 박사, 한상운 박사, 이병진 연구원, 외부 참여진으로는 건국대학교 민동기 교수가 연구수행에 참여하였습니다. 그리고 강승진 교수(한국산업기술대학교), 박천규 과장(환경부 기후대기정책과), 손양훈 교수(인천대학교), 황상규 박사(한국교통연구원)와 본원의 김호석 박사, 공성용 박사, 김종호 박사 등이 연구수행 과정에서 지속적인 자문을 수행하였습니다. 그리고 연구 보고서의 시안이 나온 이후 익명의 심사자와 검수자의 심사와 검수를 거쳐서 완료하였습니다. 이 자리를 빌어 이들 모두의 노고에 감사드립니다.

2009년 12월

한국환경정책·평가연구원

원장 박 태 주

## 국문요약

우리나라는 기후변화협약 등 지구환경문제에 취약한 상태에 있어 관련대책 마련이 필요한 실정이다. 한국은 이산화탄소 배출량 증가율이 세계 1위이며 OECD 평균인 0.8%에 비해 10배나 높은 상황이다. 또한 기후변화협약 제13차 당사국총회('07.12)에서 채택된 「발리 로드맵」(Post-2012 체제 논의)은 향후 우리나라에 대해 온실가스 의무 감축을 부여할 것으로 전망된다. 2005년도 우리나라의 주요 부문별 이산화탄소 배출량 구성을 보면, 에너지산업부문이 43%로 가장 높고 그 다음은 수송부문으로 22%를 점유하고 있으며 제조업이 19% 순으로 나타났다. 수송부문의 이산화탄소 배출구성을 보면 도로가 78.2%로 가장 높고 그 다음이 항해(13.2%), 항공(6.4%) 순으로 나타났다. 건물부문은 전체 에너지 소비의 20% 정도의 상당한 비중을 차지하고 있으며 2005년 기준으로 가정·상업부문의 이산화탄소 배출량은 약 7,900만톤으로 전체의 약 14%를 점유하고 있다.

본 연구는 UNFCCC의 발리 로드맵 채택으로 2013년 이후 우리나라가 온실가스 의무감축국가 가 될 가능성이 높아짐에 따라 온실가스 감축잠재력이 비교적 큰 수송 및 건물부문에서 주요 정책수단별로 온실가스 저감잠재량을 추정하고, 감축정책 수단의 구체적인 실행방안을 제시함으로써 국가 온실가스 저감정책 수립에 기여함을 목적으로 하고 있다. 분석방법은 시계열 계량모형을 이용한 에너지 수요함수 추정과 에너지 수요량 전망을 통해 수송 및 건물부문의 정책수단별 온실가스 저감 잠재량을 추정하는 것이 주된 내용이다.

본 연구에서는 수송부문의 주요 감축정책 수단을 대상으로 2015년도 BAU 기준 이산화탄소 저감잠재량을 주요 정책수단별로 추정하여 제시하고 있다. 이에 따르면 2015년도 BAU 기준으로 바이오연료 보급 확대 지원정책은 4,274 천tCO<sub>2</sub>(2015년 총 배출량의 -3.9%), 자동차 연비기준 강화는 2,051 천tCO<sub>2</sub>(2015년도 총 배출량의 -1.9%), 자동차연료에 대한 탄소세 부과는 1,952

천CO<sub>2</sub>(2015년도 총 배출량의 -1.8%), 자동차 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화는 1,603 천CO<sub>2</sub>(2015년도 총 배출량의 -1.5%),유가보조금제도의 폐지는 1,496 천CO<sub>2</sub>(2015년도 총 배출량의 -1.4%), 친환경차량의 보급 확대 지원정책은 182 천CO<sub>2</sub>(2015년도 총 배출량의 -0.2%)의 저감효과를 가져오는 것으로 분석된다. 그러나 여기에 제시된 정책수단별 온실가스 저감잠재성을 정책실행의 우선순위로 판단하는데 활용하는 것은 무리가 있다고 생각되며, 본 연구의 정책수단별 저감잠재성 분석은 현실성의 제약하에서 다양한 가정을 통해 정책효과를 부분균형적 접근방법으로 정량화하는 하나의 시도로 간주하면 좋을 것으로 판단된다.

건물부문의 전력사용에 있어서는 시계열 분석 결과 전력 가격 1% 상승할 때마다 전력 수요량은 대략 1.05%~1.24%정도 감소하는 것으로 추정되며, 만약 실질 GDP가 매년 기획재정부 추정치대로 증가하고 연간 1%씩 전력 가격을 인상한다고 가정하면 전력 가격 상승으로 인한 전력 소비와 이산화탄소 배출량이 전력 가격을 인상하지 않았을 때와 비교하여 약 6.5%~7.7%정도 감소하는 것으로 나타났다.

수송부문 온실가스 감축정책 추진 방안으로는 다음과 같은 정책들의 추진이 필요하다. 먼저, 자동차의 연비기준/CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화 정책의 이행을 위해서는 차량 구매시 평균연비보다 더 높은 연비를 갖춘 차량 혹은 CO<sub>2</sub> 저배출 차량에 대해서는 보너스(bonus)를 주고, 평균보다 연비가 더 낮은 차량 혹은 CO<sub>2</sub> 고배출 차량에 대해서는 패널티(malus)를 부과하거나 자동차 구매시 차등적인 세금을 부과하는 이른바 연비/CO<sub>2</sub>배출량 보상제(feebate)를 시행함으로써 수송부문의 연비를 개선시키거나 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄일 필요가 있다. 에너지원별 탄소배출량에 따른 사회적 비용을 가격체계에 반영하기 위해서는 기존 조세체계와 별도로 탄소세와 같이 명시적으로 신규 세목을 신설할 필요가 있다. 또한 바이오연료의 보급 활성화를 위해서는 우선, 연차별 보급 목표를 설정하고 이를 이행하기 위한 구체적인 보급계획 마련과 인센티브제도의 구축이 필요하다. 향후 온실가스 저감잠재성이 큰 분야인 환친차(하이브리드차, 연료전지차, 전기차 등)의 경우 대폭적인 보급 목표 확대가 필요하며 이를 위해서는 자동차 구매시 인센티브를 제공하거나 중장기적으로는 현행 배기량 기준으로 되어 있는 자동차 세제를 CO<sub>2</sub> 배출량과 연계시켜 개편하는 것이 필요하다.

건물부문 온실가스 저감을 위한 정책 대안은 다음과 같다. 전력의 가격을 인상시킬 필요가 있으며 이 경우 매년 점진적으로 올리는 방안이 현실적으로 더 타당할 것으로 보인다. 정부는 ESCO를 위한 저리 융자금 제공 시 건물주에게 제공되는 형태의 자금 비율을 점진적으로 확대해 나가는 동시에 건물주들에게 ESCO사업에 대한 강력한 홍보와 적절한 업체에 대한 정보를 제공하는 것을 병행해야 한다. 또한 건축물 에너지 절약 설계 기준제도가 적용되는 건물의 종류를 확대하고, 설계 기준과 더불어 에너지 절감 기준을 설정하여 다른 기술을 적용하여 에너지 절감 기준을 만족시킬 수 있다면 설계 기준에 융통성을 부여해 주는 방안을 고려해 볼 수 있다. 전력 효율 등급제/대기전력 절약을 위해서는 소비자의 자발적 선택에 의존하는 것 보다는 제작사 측에 최저 효율 기준 등을 설정하는 것이 더 큰 효과를 볼 수 있을 것으로 판단된다.





<b>제1장 서론</b> .....	1
1. 연구목적 .....	2
<b>제2장 국내 에너지 소비 및 온실가스 배출 현황</b> .....	5
1. 개요 .....	6
가. 국내 온실가스 배출추이 .....	6
나. 국내 온실가스 배출량 전망 .....	9
2. 수송부문의 에너지소비량 및 온실가스 배출 추이 .....	11
가. 수송부문 에너지소비량 추이 .....	11
나. 수송부문 온실가스 배출 추이 .....	12
3. 건물부문 에너지 소비 및 온실가스 배출 현황 .....	17
가. 건축물의 정의와 현황 .....	17
나. 에너지 사용 현황 .....	19
다. 건물부문의 온실가스 배출 현황 .....	31
<b>제3장 온실가스 저감잠재성 분석의 개요 및 접근방법</b> .....	45
1. 저감잠재성 분석의 개념 및 필요성 .....	46
2. 저감잠재성 분석의 필요성 및 활용방안 .....	49
3. 일반적인 저감잠재성 분석방법론 .....	51
가. 하향식 모형(일반균형모형) .....	52
나. 상향식 모형 .....	55
4. 국가 온실가스 저감잠재성 분석 연구 현황 및 과제 .....	71
가. 연구현황 및 체계 .....	71
나. 배출전망(BAU) 개요 및 접근방법 .....	73
다. 부문별 감축옵션 점검의 중요성 .....	75



라. 향후 중점 과제 .....	76
<b>제4장 국내외 수송 및 건물부문 온실가스 감축정책 추진동향 및 성과 .....</b>	<b>77</b>
1. 국내 온실가스 감축정책 추진동향 및 성과 .....	78
2. 수송부문의 온실가스 감축정책 현황 .....	80
가. 수송부문 정책수단별 온실가스 감축 선행연구 .....	80
나. 수송부문 온실가스 저감잠재량 평가 .....	87
다. 건물부문의 온실가스 감축정책 동향 및 성과 .....	90
3. 해외 온실가스 감축정책 추진 동향 및 성과 .....	98
가. 수송부문의 온실가스 감축정책 추진동향 및 성과 .....	98
나. 수송부문의 온실가스 저감정책 성과 .....	111
다. 건설부문 온실가스 감축정책 추진동향 .....	119
<b>제5장 국내 수송부문의 온실가스 저감잠재성 분석 및 감축정책 추진방안 .....</b>	<b>123</b>
1. 기본 분석방향 .....	124
2. 시계열 자료를 이용한 수송용 연료별 수요함수 추정 및 수요 전망 .....	128
가. 수송용 연료별 수요함수 추정 .....	129
나. 수송용 연료별 수요 전망 .....	134
3. 수송부문 주요 정책수단별 온실가스 저감잠재량 추정 .....	138
가. 규제정책의 온실가스 저감잠재량 추정 .....	138
나. 재정정책의 온실가스 저감잠재량 추정 .....	142
4. 수송부문의 온실가스 감축정책 추진방안 .....	156
가. 본 연구의 감축정책 실행 시 기대효과 및 장애요인 .....	157
나. 본 연구의 감축정책 추진방안 .....	158
<b>제6장 국내 건물부문의 온실가스 저감잠재성 분석 및 감축정책 추진방안 .....</b>	<b>167</b>
1. 전력수요함수 추정 및 온실가스 저감잠재성 분석 .....	168
가. 시계열 분석 모형 .....	168



나. 시계열 모형의 실증 분석 .....	173
다. 부문별 전력 수요량 분석 .....	177
라. 시나리오별 이산화탄소 배출 감축량 추정 .....	182
2. 건물부문의 온실가스 감축정책 추진방안 .....	183
가. 전력 가격 인상 .....	184
나. ESCO 지원 정책 개선 방안 .....	188
다. 기타 온실가스 저감정책 제안 .....	191
<b>제7장. 국내 수송 및 건물부문 법제도 측면의 개선방안 .....</b>	<b>195</b>
1. 수송부문 법제도 개선방안 .....	196
가. 연비/CO <sub>2</sub> 배출허용기준 시행방안 .....	196
나. 탄소세 도입방안 .....	199
다. 바이오연료 보급 확대 지원방안 .....	200
라. 환친차 보급 확대 지원방안 .....	202
마. 유가보조금제도 폐지방안 .....	204
2. 건물부문 법제도 개선방안 .....	205
가. 전력 가격 인상 .....	205
나. ESCO 지원 정책 개선방안 .....	207
다. 녹색건축물의 통합 입법화 방안 .....	207
<b>참고 문헌 .....</b>	<b>217</b>
<b>부 록 .....</b>	<b>221</b>



표 2-1. 우리나라 배출원별 온실가스 배출량 추이 .....	7
표 2-2. 에너지부문 부문별 온실가스 배출량(2006년) .....	8
표 2-3. 국내 에너지 부문별 온실가스 배출량 전망 .....	9
표 2-4. 전체 에너지 소비 및 수송부문 에너지소비량 추이 .....	11
표 2-5. 수송수단별 최종에너지 소비 .....	12
표 2-6. 우리나라 수송부문 온실가스 배출 추이 .....	13
표 2-7. 우리나라 도로부문 이산화탄소 배출량(2006년 기준) .....	14
표 2-8. OECD 주요국의 수송부문 GDP당 이산화탄소 배출량 .....	16
표 2-9. 주요국의 수송부문 1인당 이산화탄소 배출량 .....	16
표 2-10. 건축물 현황 .....	17
표 2-11. 주거형태별 주택 비율 .....	18
표 2-12. 최종 에너지 부문별 소비 비중 .....	19
표 2-13. 가정부문 에너지 사용량 .....	21
표 2-14. 가구원수별 표본 가구당 에너지 소비량 .....	21
표 2-15. 2007 가정부문 건축 연도별 에너지 소비량/온실가스 배출량 .....	22
표 2-16. 용도별 사용 에너지 비중 .....	24
표 2-17. 상업·공공 분야의 용도별 에너지 소비량 변화 추이 .....	25
표 2-18. 대형건물의 에너지 소비량 .....	27
표 2-19. 대형건물 용도별 에너지 사용량 .....	28
표 2-20. 탄소 배출 계수 .....	31
표 2-21. 에너지원별 발전 전력량 .....	33
표 2-22. 건물부문 에너지 사용량과 온실가스 배출량 .....	34
표 2-23. 가정부문 연료 구성 별 온실가스 배출량 .....	37
표 2-24. 가구원수별 표본 가구당 온실가스 배출량 .....	38



표 2-25. 2007 가정부문 건축 연도별 에너지 소비량/온실가스 배출량	39
표 2-26. 상업·공공분야의 용도별 온실가스 배출량 추이	40
표 2-27. 대형건물 용도별 평균 온실가스 배출량	42
표 4-1. 온실가스 감축을 위한 부문별 정책 및 조치 요약	79
표 4-2. 국내 천연가스 버스 보급계획 및 온실가스 감축 추정량	83
표 4-3. 하이브리드 자동차 보급계획	84
표 4-4. 전지자동차 보급계획, 소형 승용차 기준	84
표 4-5. 온실가스 감축을 위한 수송부문 세부 정책 및 조치 내용	85
표 4-6. 하이브리드 자동차 보급계획 및 감축량	87
표 4-7. 전지자동차 보급계획 및 감축량 : 소형 승용차 기준	87
표 4-8. 제작차 CO <sub>2</sub> 배출허용기준(안) 적용 시 잠재감축량	88
표 4-9. 국내 천연가스버스 보급계획 및 감축량	88
표 4-10. 연료전환에 따른 온실가스 CO <sub>2</sub> 저감목표 설정	89
표 4-11. 저NO <sub>x</sub> 버너 설치계획 및 감축량	89
표 4-12. 국내 에너지 저감 정책 현황	91
표 4-13. 건축물 에너지절약 설계기준	93
표 4-14. 건물에너지 효율등급 제도 등급별 자금 지원액 한도	94
표 4-15. 건물에너지 효율등급 인증 현황	95
표 4-16. 평가부문 분류체계	95
표 4-17. 연도별 친환경 건축물 인증 현황	96
표 4-18. 전력 가격 정책 현황	97
표 4-19. 심야전력 저감기기, 고효율 기기 보급 정책 현황	98
표 4-20. 가솔린 내연기관에 도입되는 기술들의 연료소비 및 온실가스 감축량	102
표 4-21. 수송부문의 온실가스 감축잠재력에 대한 주요 연구결과 요약	103
표 4-22. 선진국과 개도국의 수송부문 온실가스 감축을 위한 과세 및 가격정책	106
표 4-23. 연료비 10% 인상시의 실제영향	107
표 4-24. 수송부문의 세금 및 가격정책이 온실가스 감축에 미치는 영향 연구	108



표 4-25. OECD 국가의 수송부문 정책유형별 CO <sub>2</sub> 저감 효과비교	111
표 4-26. OECD 국가의 수송부문 CO <sub>2</sub> 평균 저감효과 순위	114
표 4-27. EU의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 성과	115
표 4-28. 미국의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 예상감축 효과	116
표 4-29. 독일의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 성과	117
표 4-30. 일본의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 성과	119
표 4-31. 캘리포니아 에너지 절감 정책 요약	120
표 4-32. 영국 에너지 절감 정책 요약	121
표 4-33. 일본 에너지 절감 정책 요약	122
표 5-1. 재정정책이 에너지 및 환경관련 의사결정에 미치는 영향	125
표 5-2. 주요국의 수송부문 재정정책수단 도입에 대한 수준별 Best Practices 사례	126
표 5-3. 2005년도 전국 환경오염(환경피해)비용	126
표 5-4. 2005년도 전국 교통혼잡비용	127
표 5-5. 본 연구의 수송부문 주요 온실가스 감축정책 수단	128
표 5-6. 변수별 기초통계량	130
표 5-7. ADF 검정 결과	130
표 5-8. PP 검정 결과	131
표 5-9. 휘발유 수요함수 추정 결과	132
표 5-10. 경유 수요함수 추정 결과	133
표 5-11. LPG 수요함수 추정 결과	134
표 5-12. 수송용 연료별 소비량 예측 결과	137
표 5-13. 녹색성장위원회가 제시한 신차에 대한 평균연비 강화안	139
표 5-14. 연료별 신차 등록대수 추이 및 전망	139
표 5-15. 연비규제 강화 시 에너지수요 감소량(2015년)	140
표 5-16. 수송용 연료별 CO <sub>2</sub> 배출계수 산정	140
표 5-17. 연비규제 강화 시 이산화탄소 배출 감소량(2015년)	141
표 5-18. 녹색성장위원회가 제시한 신차에 대한 CO <sub>2</sub> 배출허용기준 강화안	141



표 5-19. CO <sub>2</sub> 배출허용기준 강화 시 이산화탄소 배출 감소량	142
표 5-20. 우리나라 수송용 연료별 단위당 CO <sub>2</sub> 배출비용(탄소세 도입안)	144
표 5-21. 수송용 연료별 가격탄력성 추정치	145
표 5-22. 탄소세 부과 시 수송용 연료별 에너지수요 감소량	145
표 5-23. 탄소세 부과 시 수송용 연료별 이산화탄소 배출 감소량	145
표 5-24. 2015년 기준 바이오연료(바이오디젤, 바이오에탄올) 보급량	147
표 5-25. 바이오연료(바이오디젤, 바이오에탄올) 보급에 따른 이산화탄소 감소량	148
표 5-26. 하이브리드차 보급 계획	149
표 5-27. 연료전지차 보급 계획	150
표 5-28. 환친차 보급확대에 따른 이산화탄소 배출 감소량	151
표 5-29. 2015년 유가보조금 지급부문의 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량 추정	152
표 5-30. 유가보조금 제거 시 에너지 수요 감소량	153
표 5-31. 유가보조금 제거에 따른 이산화탄소 배출 감소량	153
표 5-32. 본 연구의 수송부문 정책수단별 온실가스 저감잠재성 요약	154
표 5-33. 본 연구의 감축정책 실행 시 기대효과 및 장애요인 분석	157
표 5-34. 유럽 및 한국의 신규 등록 차량 평균 배기량 비교	159
표 5-35. 프랑스의 차량 구매시 인센티브/페널티 제도	160
표 5-36. 프랑스의 이산화탄소 저/고 배출 차량의 판매량 변화	161
표 6-1. 분기별 자료 특성 분석(1999.1분기~2009.2분기)	172
표 6-2. 전력 사용량 예측방정식 변수의 ADF 단위근검정(수준변수)	174
표 6-3. 전력 사용량 예측방정식 변수의 ADF 단위근검정(LOG 변수)	175
표 6-4. 가정부문 전력 수요함수 추정 결과	176
표 6-5. 상업·공공부문 전력 수요함수 추정 결과	177
표 6-6. 시나리오별 부문별 전력 수요 예측량	180
표 6-7. 전력 가격 인상에 따른 2015년 부문별 전력 수요 감축량	181
표 6-8. 전력 가격 인상에 따른 2015년도 이산화탄소 배출 감축량	182
표 6-9. 전력 가격 인상에 따른 이산화탄소 배출 감축량	183

표 6-10. 판매단가추이 .....	185
표 6-11. 주택용 전력 가격 상승률/물가 상승률 .....	186
표 6-12. 연간 정부 지원액과 ESCO업체 수 .....	190
표 6-13. 가전기기 대기전력 소모량 .....	192



그림 2-1. 우리나라 온실가스 총 배출량 및 증가율 추이 .....	7
그림 2-2. 에너지부문 부문별 온실가스 배출량(2006년) .....	8
그림 2-3. 수송부문 에너지 사용량(2006년) .....	12
그림 2-4. 우리나라 수송부문 이산화탄소 배출 추이 .....	13
그림 2-5. 차종별 이산화탄소 배출량 비중(2006년) .....	15
그림 2-6. 연료별 이산화탄소 배출량 비중(2006년) .....	15
그림 2-7. 상업·공공 분야의 용도별 에너지 사용량 비중 .....	23
그림 2-8. 상업·공공분야의 용도별 에너지 사용 비중 증감 추이 .....	23
그림 2-9. 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 비중 변화 .....	35
그림 2-10. 대형건물 용도별 온실가스 배출량 .....	43
그림 3-1. 저감잠재성 분석절차(UNEP 권고안) .....	47
그림 3-2. 저감잠재성 분석과 한계저감비용 .....	49
그림 3-3. 저감잠재성 분석결과 활용방안 사례 .....	50
그림 3-4. 일반적인 CGE모형의 재화 및 생산요소 흐름 .....	53
그림 3-5. 일반적인 CGE모형의 총 수요와 공급의 균형 .....	54
그림 4-1. 수송부문 에너지 소비 및 온실가스 배출 추이 .....	99
그림 4-2. 지역 및 수송수단별 에너지 예상소비량 .....	100
그림 4-3. Light-duty 차량에 대한 온실가스 감축 시나리오 .....	101
그림 4-4. 수송부문의 정책수단별 온실가스 감축 잠재량 전망 .....	103
그림 4-5. 주요국의 연비 및 온실가스 배출기준 추이 및 전망 .....	110
그림 5-1. 휘발유 소비량 예측 결과 .....	135
그림 5-2. 경유 소비량 예측 결과 .....	136
그림 5-3. LPG 소비량 예측 결과 .....	137
그림 5-4. 정부의 바이오디젤 보급 전략 및 방향 .....	146



그림 5-5. 향후 자동차산업의 주력 차종 변화 전망 .....	149
그림 5-6. 본 연구의 수송부문 정책수단별 온실가스 저감잠재성 추정 .....	155
그림 5-7. 본 연구의 수송부문 정책수단별 온실가스 감축편의추정 .....	156
그림 5-8. 유럽 및 한국의 신규등록 차량 평균 배기량 비교 .....	158



# 제1장

## 서론

## 1. 연구의 목적

2007년 12월 채택된 발리 로드맵은 기후변화협약 및 교토의정서 등 2단계 접근방식(Two-track approach)으로 포스트 교토체제에 대한 포괄적 협상 체제를 마련하였다. 한편, 미국은 이와 같은 국제적 협약을 통한 온실가스 저감방식과 별도로 기술개발 및 이전을 중점으로 하는 제도를 운영하고 있다. 온실가스 감축 논의는 EU 주도의 UN 프로세스와 미국 주도의 프로세스로 전개되고 있다.

현재 기후변화협약은 감축, 적응, 기술, 재원 등을 중심으로 포스트 교토체제 및 장기협력방안에 관한 협상종료 시한을 2009년 제15차 당사국총회로 결정하고, 논의를 진행하고 있다. 선진국의 감축관련 논의사항으로는 포스트 교토 체제에 대비하여 온실가스의 측정 및 보고, 검증 가능한 적정한 국내적 감축공약·정책 등이 현재 주요 이슈이다. 개도국 감축과 관련해서는 선진국들의 지원(기술 및 재정)과 개도국내의 자발적 노력을 바탕으로 적정한 감축정책 및 목표가 설정될 수 있도록 논의가 이루어지고 있다.

우리나라의 경우 기후변화협약 등 지구환경문제에 매우 취약한 상태에 있어 관련대책 마련이 필요한 실정이다. 한국은 이산화탄소 배출량 증가율이 세계 1위이며 OECD 평균인 0.8%에 비해 10배나 높은 상황이다. 또한 기후변화협약 제13차 당사국총회(2007.12)에서 채택된 『발리 로드맵』(Post-2012 체제 논의)은 향후 우리나라에 대해 온실가스 의무 감축을 부여할 것으로 전망된다.

2005년도 우리나라의 주요 부문별 이산화탄소 배출량 구성을 보면 에너지산업부문이 43%로 가장 높고 그 다음은 수송부문으로 22%를 점유하고 있으며 제조업이 19% 순으로 나타났다. 수송부문의 이산화탄소 배출구성을 보면 도로가 78.2%로 가장 높고 그 다음이 항해(13.2%), 항공(6.4%) 순으로 나타났다. 건물부문은 전체 에너지 소비의 20% 정도의 상당한 비중을 차지하고 있으며 2005년 기준으로 가정·상업부문의 이산화탄소 배출량은 약 7,900만톤으로 전체의 약 14%를 점유하고 있다.

본 연구는 UNFCCC의 발리 로드맵 채택으로 2013년 이후 우리나라가 온실가스 의무감축국가 가 될 가능성이 높아짐에 따라 온실가스 감축잠재력이 비교적 높은 수송 및 건물부문에서 온실가

스 감축 잠재량을 추정하고 그것을 실현할 수 있는 구체적인 감축정책 수단을 모색하여 제시함으로써 국가 온실가스 저감정책에 기여함을 목적으로 한다.

본 연구의 분석방법은 시계열 계량모형을 이용한 에너지 수요함수 추정과 에너지 수요량 전망을 통해 수송 및 건물부문의 정책수단별 온실가스 저감 잠재량을 추정하는 것이 주된 내용이다. 이외에도 국내외 문헌조사와 통계자료 분석을 보완적으로 수행하여 본 연구의 분석을 수행하였다.

본 연구의 주요 내용은 다음과 같다. 제 I 장의 서론에 이어 제2장에서는 우리나라의 에너지 소비 및 온실가스 배출량 현황에 대해 수송 및 건물부문을 중심으로 분석하여 제시하였다. 제3장에서는 온실가스 저감 잠재성 분석의 필요성과 활용방안, 그리고 저감 잠재성 분석방법을 제시하였다. 제4장에서는 국내외 수송 및 건물부문의 온실가스 감축정책 추진 동향과 감축 성과를 평가하여 본 연구의 분석에 활용하였다. 제5장에서는 국내 수송부문의 온실가스 저감잠재성을 저감 잠재성이 비교적 큰 정책 수단별로 추정하여 제시하였고, 주요 정책수단별로 추진 방안을 구체적으로 제시하였다. 마지막으로 제6장에서는 국내 건물부문의 온실가스 저감잠재성을 저감 잠재성이 비교적 큰 정책 수단별로 추정하여 제시하였고, 아울러 주요 정책수단별로 추진 방안을 제시하였다.





## 제2장

국내 에너지 소비 및  
온실가스 배출 현황

## 1. 개요

### 가. 국내 온실가스 배출 추이

2006년도에 우리나라의 온실가스 총 배출량은 599.5백만 tCO<sub>2</sub>로 2005년도의 594.4백만 tCO<sub>2</sub>에 비해 약 5.1백만 tCO<sub>2</sub>나 증가하였고 증가율은 0.9%를 나타내었다. 이와 같은 배출량 규모는 선진국 의무감축 기준년도인 1990년도의 배출량(298.1백만 tCO<sub>2</sub>)에 비해 101.1%(301.4백만 tCO<sub>2</sub>)나 더 많은 규모이며 1990~2006년 기간 동안 연평균 4.5%의 증가세를 보이고 있는 실정이다.

온실가스 배출원별로 살펴보면, 에너지부문의 경우 2006년(505.4백만 tCO<sub>2</sub>)에는 2005년(594.4백만 tCO<sub>2</sub>) 대비 1.4% 증가하였으며, 총 CO<sub>2</sub> 배출량의 84.3%를 점유하였다. 산업공정부문의 경우 2006년도에 63.7백만 tCO<sub>2</sub>를 배출하여 총 CO<sub>2</sub>배출량의 10.6%를 차지하였으며 농업 부문은 2006년도에 15.1백만 tCO<sub>2</sub>를 배출하여 총 CO<sub>2</sub> 배출량의 2.5%를, 폐기물부문은 2006년도에 15.4백만 tCO<sub>2</sub>를 배출하여 총 CO<sub>2</sub>배출량의 2.6%를 차지하였다. 우리나라의 배출원별 온실가스 배출량 추이와 증가율은 <표 2-1> 및 <그림 2-1>과 같다.

다음으로 온실가스 배출원 중 가장 큰 부분을 차지하고 있는 에너지부문을 경제섹터별로 나누어 온실가스 배출량 추이를 살펴보면 <표 2-2> 및 <그림 2-2>와 같다.

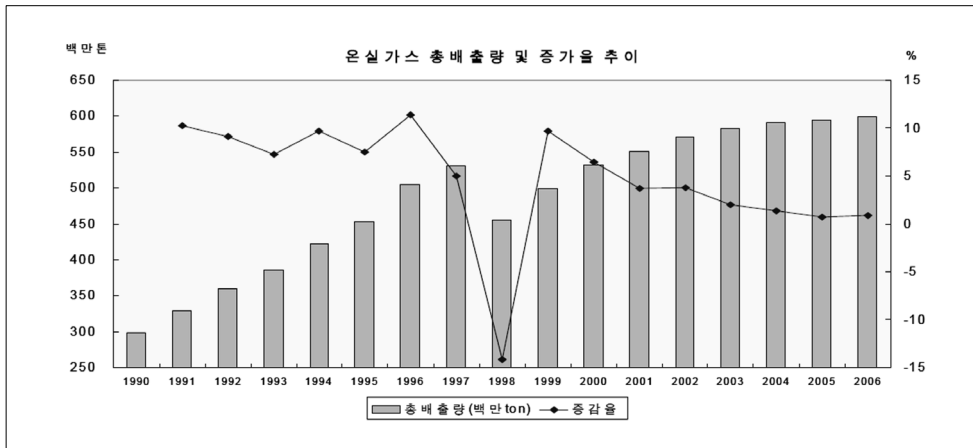
전환부문은 1990~2006년 동안 10.2%의 매우 높은 연평균 증가율을 기록하였고, 2006년도에는 179.6백만 tCO<sub>2</sub>를 배출하여 에너지부문에서 가장 높은 35.3%의 점유율을 나타내었다. 산업부문은 1990~2006년 동안 3.8%의 연평균 증가율을 기록하였고, 2006년도에는 158.3백만 tCO<sub>2</sub>를 배출하여 에너지부문에서 두 번째로 높은 31.3%의 점유율을 나타내었다. 수송부문은 1990~2006년 동안 5.5%의 비교적 높은 연평균 증가율을 기록하였고, 2006년도에는 99.8백만 tCO<sub>2</sub>를 배출하여 에너지부문에서 세 번째로 높은 35.3%의 점유율을 나타내었다. 가정상업부문은 1990~2006년 동안 -1.0%의 연평균 증가율을 기록하여 시간이 지날수록 감소하는 경향을 나타내었고, 2006년도에는 57.2백만 tCO<sub>2</sub>를 배출하여 에너지부문에서 11.3%의 점유율을 나타내었다. 마지막으로 공공기타부문은 1990~2006년 동안 -3.0%의 연평균 증가율을 기록하여 감소하는 경향이

표 2-1. 우리나라 배출원별 온실가스 배출량 추이

(단위 : 백만 tCO<sub>2</sub>, %)

배출원	1990	2000	2004	증가율	2005	증가율	2006	증가율	1990~2006
에너지	247.7 (83.1)	438.5 (82.6)	489.0 (82.8)	1.6	498.5 (83.9)	1.9	505.4 (84.3)	1.4	4.6
산업공정	19.9 (6.7)	58.3 (11.0)	68.5 (11.6)	0.4	64.8 (10.9)	-5.3	63.7 (10.6)	-1.8	7.5
농업	13.5 (4.5)	17.0 (3.2)	16.4 (2.8)	2.6	16.1 (2.7)	-1.9	15.1 (2.5)	-6.4	0.7
폐기물	17.0 (5.7)	17.2 (3.2)	16.5 (2.8)	-3.3	14.9 (2.5)	-9.5	15.4 (2.6)	2.9	-0.6
총배출량	298.1 (100.0)	531.0 (178.1)	590.4 (198.1)	1.4	594.4 (199.4)	0.7	599.5 (201.1)	0.9	4.5

주: 1) ( )는 구성비임  
 2) tCO<sub>2</sub> : Tons of Carbon Dioxide(이산화탄소톤)  
 3) 1990-2006 증가율%는 연평균 증가율임  
 자료: 지식경제부 및 국가수송DB센터(www.ktdb.go.kr)



자료 : 국가수송DB센터(www.ktdb.go.kr)

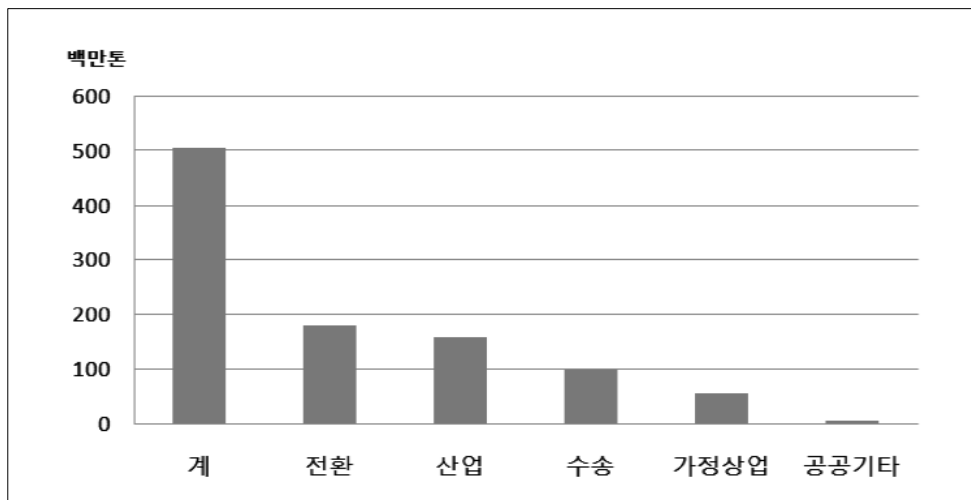
그림 2-1. 우리나라 온실가스 총 배출량 및 증가율 추이

표 2-2. 에너지부문 부문별 온실가스 배출량(2006년)

(단위 : 백만 tCO<sub>2</sub>, %)

에너지 부문	1990	2000	2004	증가율	2005	증가율	2006	증가율	1990~2006 증가율
	(15.3)	(28.7)	(33.8)		(34.3)		(31.3)		
전환	38.0 (15.3)	125.9 (28.7)	165.3 (33.8)	9.3	171.1 (34.3)	3.5	179.6 (35.5)	5.0	10.2
산업	87.6 (35.4)	153.1 (34.9)	157.8 (32.3)	-2.0	156.9 (31.5)	-0.5	158.3 (31.3)	0.9	3.8
수송	42.4 (17.1)	87.1 (19.9)	97.1 (19.9)	-0.8	98.1 (19.7)	1.0	99.8 (19.8)	1.8	5.5
가정상 업	67.2 (27.1)	64.0 (14.6)	58.5 (12.0)	-4.7	61.6 (12.4)	5.3	57.2 (11.3)	-7.2	-1.0
공공기 타	7.0 (2.2)	4.0 (0.9)	4.7 (1.0)	-3.1	4.9 (1.0)	4.9	4.3 (0.9)	-12.8	-3.0

자료 : 지식경제부, 국가수송DB센터(www.ktdb.go.kr)



자료 : 국가수송DB센터(www.ktdb.go.kr)

그림 2-2. 에너지부문 부문별 온실가스 배출량(2006년)

뚜렷하였으며, 2006년도에는 4.3백만 tCO<sub>2</sub>를 배출하여 에너지부문에서 가장 낮은 0.9%의 점유율을 나타내었다.

### 나. 국내 온실가스 배출량 전망

향후 우리나라의 이산화탄소 총 배출량은 2005~2020년 동안 연평균 2.2%의 증가율을 기록할 것으로 전망되어, 1990~2005년 동안 연평균 증가율 4.7%에 비해서는 증가율이 크게 둔화될 것으로 예상된다. 2020년도 우리나라 이산화탄소 총 배출량은 817.2백만 tCO<sub>2</sub>를 나타낼 것으로 예상되며 2005년의 591.1백만 tCO<sub>2</sub>에 비해 1.4배 증가할 것으로 보인다(〈표 2-3〉 참조).

표 2-3. 국내 에너지 부문별 온실가스 배출량 전망

(단위 : 백만 tCO<sub>2</sub>, %)

구분 (단위: 백만 tCO <sub>2</sub> )	2005	2010	2015	2020	2005~2020 연평균 증가율(%)
총배출량	591.1(100.0)	678.1(100.0)	744.2(100.0)	817.2(100.0)	2.2
에너지부문	498.5(84.3)	575.2(84.8)	628.9(84.5)	687.6(84.1)	2.04
전환	170.1(34.1)*	214.5(37.3)*	239.6(38.1)*	264.7(38.5)*	2.92
산업	156.2(31.3)*	167.9(29.2)*	176.3(28.0)*	191.8(27.9)*	1.11
수송	105.1(21.1)*	124.9(21.7)*	139.9(22.3)*	156.8(22.8)*	2.24
가정	49.1(9.8)*	50.6(8.8)*	52.3(8.3)*	52.3(7.6)*	1.20
상업공공기타	18.0(3.6)*	17.3(3.0)*	20.8(3.3)*	22.0(3.2)*	1.73
산업공정부문	64.8(11.0)	72.2(10.6)	80.6(10.8)	89.8(11.0)	2.2
농업부문	14.7(2.5)	14.3(2.1)	13.9(1.9)	13.5(1.7)	-0.5
폐기물부문	13.0(2.2)	16.4(2.4)	20.8(2.8)	26.3(3.2)	4.8
토지이용 변화 및 임업(흡수원)	(-)32.9(5.6)	(-)32.2(4.7)	(-)31.6(4.3)	(-)31.0(3.8)	-0.4
순배출량	558.3	645.9	712.6	786.2	2.3

주: \*에너지부문의 이산화탄소배출량을 100(%)으로 할 경우에 대한 점유율(%)임

자료: 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서 및 에너지경제연구원의 전망치를 활용하여 재정리함

온실가스 배출량 전망을 배출원별로 살펴보면, 화석에너지 연소로 인한 에너지부문의 온실가스 배출량은 2005~2010년에 연평균 3.64% 증가하지만, 2010~2020년에는 2.0%로 연평균 증가율이 크게 둔화될 것으로 전망된다. 에너지부문의 온실가스 배출량은 2020년에 2005년의 약 1.4배 수준인 687.6백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망되며, 2020년에는 총 배출량의 84.1%를 점유할 것으로 예상된다. 산업공정부문의 온실가스 배출량은 2020년에 2005년의 약 1.4배 수준인 89.8백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망되며, 2020년에는 총 배출량의 11.0%를 점유할 것으로 예상된다. 농업부문의 온실가스 배출량은 2020년에는 2005년(14.7백만 tCO<sub>2</sub>)에 비해 감소하여 13.5백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망되며, 2020년에는 총 배출량의 1.7%를 점유할 것으로 예상된다. 폐기물부문의 온실가스 배출량은 2020년에 2005년(13.0백만 tCO<sub>2</sub>)에 비해 가장 높은 1.8배나 증가하여 26.3백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망되며, 2020년에는 총 배출량의 3.2%를 점유할 것으로 예상된다.

한편 에너지부문을 경제섹터별로 구분하여 온실가스 배출전망 결과를 살펴보면, 에너지전환부문은 산업고도화 및 소득증대로 기타 에너지에 비해 전력소비가 상대적으로 증가하므로 온실가스 배출량도 빠른 속도로 증가하여 2020년에는 2005년의 1.5배 수준인 261.8백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망된다(2005~2020년 연평균 2.92%의 증가율을 기록할 전망). 산업부문은 에너지 다소비 산업의 성장이 점차 둔화되어 에너지소비 증가율이 점진적으로 하락할 전망이어서 온실가스 배출 비중도 축소될 전망이다(2005~2020년 기간 동안 연평균 1.11%의 증가율을 기록할 전망). 산업부문은 2020년에는 2005년의 1.2배 수준인 184.8백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망된다. 수송부문은 고유가로 인하여 에너지수요 증가율이 최종수요부문의 평균보다 낮을 것으로 예상되지만 에너지원 간 대체 가능성이 제한적이므로 전망기간 중 온실가스 배출은 전체 증가율보다 약간 높을 것으로 전망된다(2005~2020년 동안 연평균 2.24%의 증가율을 기록할 전망). 수송부문은 2020년에는 2005년의 1.4배 수준인 146.7백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망된다. 가정부문은 인구 증가율 및 가구 수 증가율의 둔화와 도시가스의 석유대체 가속화 등으로 인하여 소득증가에 따른 가전기기 및 주거면적의 대형화 추세에도 2005~2020년 동안 연평균 1.2%의 배출 증가세가 예상된다. 가정부문은 2020년에는 2005년의 1.2배 수준인 58.7백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망된다.

다. 상업공공 기타부문은 건물면적 증가 및 냉난방 강도 증가로 에너지 수요가 증가하지만 에너지 소비 중 전력의 비중이 빠르게 상승할 것으로 전망됨에 따라 온실가스 배출은 2005~2020년 동안 연평균 1.73의 증가율을 기록할 전망이다. 상업공공 기타부문은 2020년에는 2005년의 1.3배 수준인 24.2백만 tCO<sub>2</sub>에 이를 것으로 전망된다.

## 2. 수송부문의 에너지소비량 및 온실가스 배출 추이

### 가. 수송부문 에너지소비량 추이

〈표 2-4〉에 나타난 바와 같이, 전체 에너지 소비 중 수송부문의 에너지 소비량은 꾸준히 증가하고 있으나, 전체 에너지 소비 역시 증가하기 때문에 수송부문의 총 에너지 점유율은 약 21%에 머물고 있다. 〈표 2-5〉 및 〈그림 2-3〉은 수송수단별 에너지소비량에 대해 보다 상세하게 나타내고 있다.

수송수단별로 에너지 소비량 추이를 보면, 도로부문은 06년도의 경우 약 78.3%를 차지하고 있어 에너지를 소비하고 있다. 도로부문의 1990~2006년 기간 동안 연평균 에너지소비 증가율은 9.7%로 높게 나타났다. 한편 철도부문은 2006년도에 약 1.3%를 차지하고 있어 가장 낮은 에너지를 소비하고 있다. 철도부문의 1990~2006년 동안 연평균 에너지소비 증가율은 3.5%로 낮은 증가율을 기록하였다.

■ 표 2-4. 전체 에너지 소비 및 수송부문 에너지 소비량 추이

(단위 : 천TOE)

구 분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
총에너지 소비량	149,852	152,950	160,451	163,995	166,09	170,854	173,584	181,455
수송부문소비량	30,945	31,909	33,763	34,632	34,615	35,559	36,527	37,068
비중(%)	20.65	20.86	21.04	21.12	20.84	20.81	21.04	20.43

\* TOE : Ton of Oil Equivalent(석유환산톤)  
자료: 지식경제부, 에너지통계연보 2008년

표 2-5. 수송수단별 최종에너지 소비

(단위: 천TOE\*, %)

수송수단	1990	1995	2000	2005	2006	연평균 증가율
도로	11,205(79.06)	21,218(78.16)	23,554(79.15)	28,144(79.15)	28,588(78.27)	9.7
철도	305(2.15)	326(1.20)	337(1.09)	505(1.42)	474(1.30)	3.5
항공	908(6.41)	1,849(6.81)	2,174(7.93)	2,819(7.93)	3,028(8.29)	14.6
해운	1,669(11.78)	3,618(13.33)	4,705(11.51)	4,092(11.51)	4,437(12.15)	10.4
계	14,173(100)	27,148(100)	30,945(100)	35,559(100)	36,527(100)	9.9

자료: 국가수송DB센터(www.ktdb.go.kr)

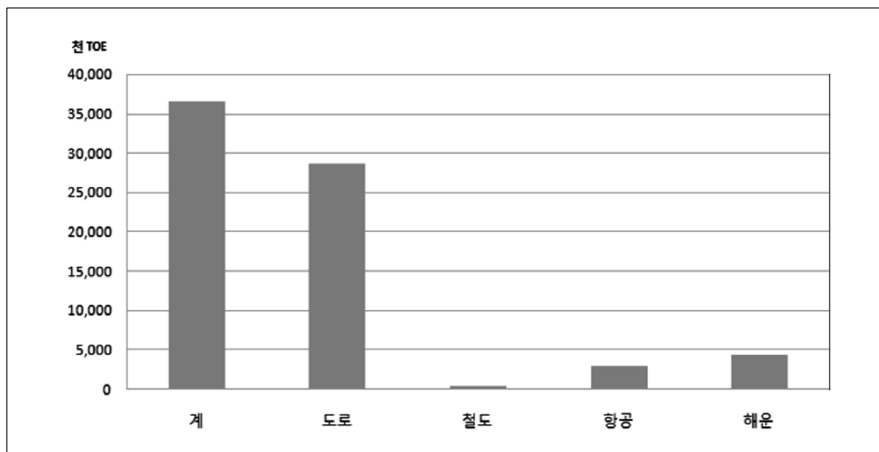
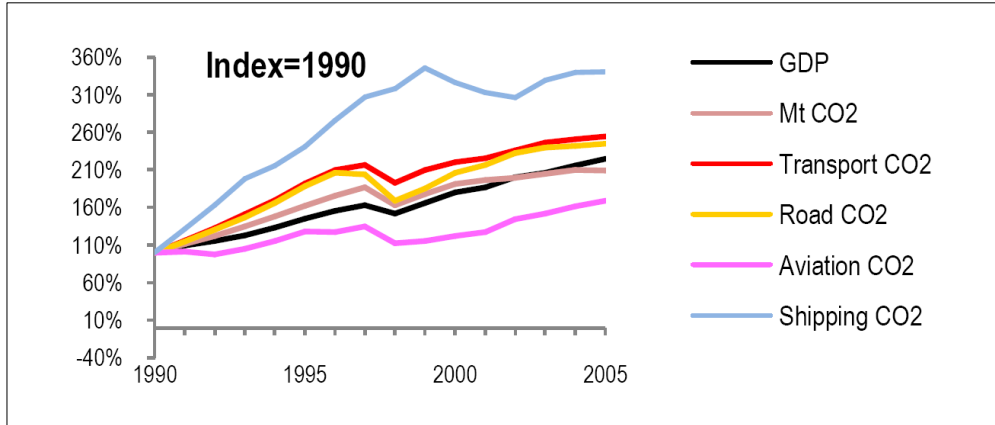


그림 2-3. 수송부문 에너지 사용량(2006년)

#### 나. 수송부문 온실가스 배출 추이

〈그림 2-4〉와 〈표 2-6〉에서 보는 바와 같이, 1990~2005년 동안 우리나라 수송부문의 온실가스 배출 증가율은 155%(연평균 증가율 6.4%)로서 같은 기간 GDP 증가율 125%(연평균 증가율 5.6%)를 크게 상회하고 있으며, 특히 도로부문의 온실가스 증가율은 동기간 동안 145%(연평균 증가율 6.2%)로 나타나 향후 수송부문 특히 도로부문의 온실가스 배출 증가율을 GDP 증가율과 Decoupling 시키기 위해 다양한 감축정책의 추진이 요구된다.



자료 : OECD, Greenhouse Gas Reduction Strategies in the Transport Sector, International Transport Forum, 2008

■ 그림 2-4. 우리나라 수송부문 이산화탄소 배출 추이

■ 표 2-6. 우리나라 수송부문 온실가스 배출 추이

수송부문	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	1990~2005	연평균 증가율 (1990~2005)
GDP(10억 달러)	425.8	620.2	768.3	797.8	853.4	879.8	921.4	957.9	125%	5.6%
에너지연소로 인한 CO <sub>2</sub> 배출량(백만 CO <sub>2</sub> )*	233.0	378.6	445.8	458.5	464.6	478.2	490.1	487.8	109%	5.1%
수송부문 CO <sub>2</sub> 배출량 (백만 CO <sub>2</sub> )	49.3	94.8	108.8	111.4	116.6	121.8	123.9	125.7	155%	6.4%
수송부문의 CO <sub>2</sub> 배출량 점유율(%)	21%	25%	24%	24%	25%	26%	25%	26%		
도로	31.9	60.2	65.9	69.2	74.3	76.6	77.3	78.3	145%	6.2%
철도	0.89	0.95	0.98	0.99	0.99	1.01	0.87	0.82	-8%	-0.5%
국내항공	5.65	6.28	6.21	6.33	6.60	6.25	6.57	3.70	-35%	-2.8%
국제항공	0.84	2.05	1.70	1.96	2.76	3.60	3.93	7.26	764%	15.5%
국제해운	5.03	14.53	19.27	18.92	18.05	20.15	22.18	31.61	528%	13.0%
기타	-0.01	1.13	1.22	1.50	1.09	1.19	1.17	1.37	-138%	..

\*국제항공 및 해운 포함

자료 : OECD, Greenhouse Gas Reduction Strategies in the Transport Sector, International Transport Forum, 2008

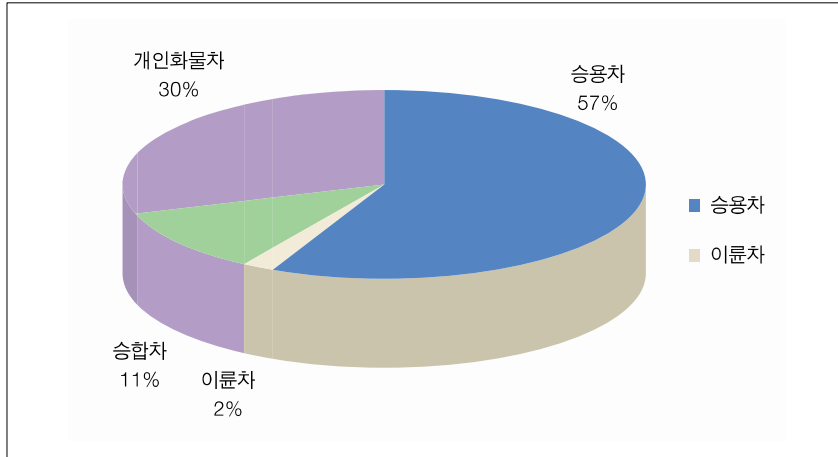
지식경제부에서 수행한 『2007년 국가에너지종합 분석보고서 수송부문』에서 산정한 2006년도 우리나라 이산화탄소 배출량을 살펴보면 다음과 같다. 2006년도 도로부문의 이산화탄소 총 배출량은 56,931.6 천tCO<sub>2</sub>이며, 차종별로 이산화탄소 배출량 비중을 보면 승용차(57%), 개인화물차(30%), 승합차(11%), 이륜차(2%) 순으로 나타났다. 한편, 연료별로 도로부문의 이산화탄소 배출량을 보면 경유(51.5%), 휘발유(37%), LPG(11%) 순으로 나타났다.

■ 표 2-7. 우리나라 도로부문 이산화탄소 배출량(2006년 기준)

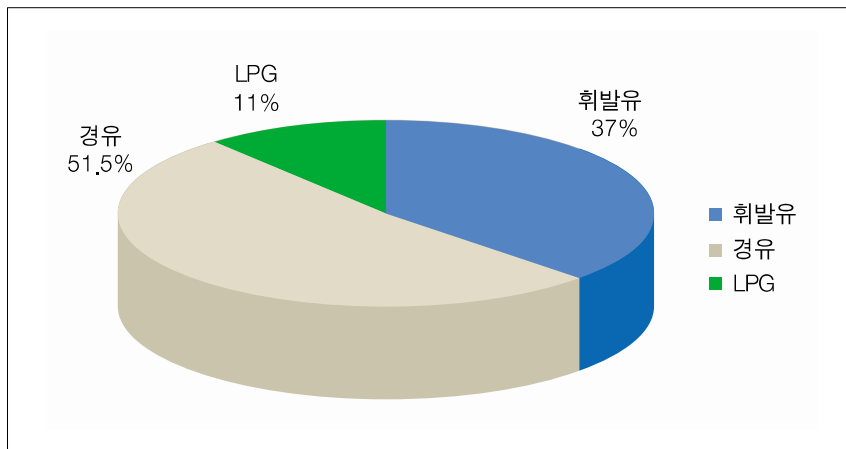
(단위 : 천CO<sub>2</sub>)

에너지원		합계	휘발유	경유	LPG
차종					
합계		56,931.6	21,592.9	29,125.5	6,213.2
승용차	소계	32,307.4	19,931.4	8,249.1	4,126.9
	800cc 이하	1,317.4	1,315.1	-	2.3
	801~1,500cc	6,805.6	6,672.3	74.2	59.1
	1,501~2,000cc	14,120.2	8,524.4	2,244.9	3,350.9
	2,001cc 이상	10,064.2	3,419.6	5,930.0	714.6
이륜차	소계	1,074.9	1,074.9	-	-
	50~100cc	552.1	552.1	-	-
	101~260cc	485.2	485.2	-	-
	261cc 이상	37.5	37.5	-	-
승합차	소계	6,300.4	524.8	4,039.0	1,736.6
	15인이하	5,033.6	524.8	2,772.1	1,736.6
	16~25인	393.4	-	393.4	-
	26인이상	873.4	-	873.4	-
개인 화물차	소계	17,249.0	61.9	16,837.4	349.7
	1톤이하	10,573.9	61.9	10,162.3	349.7
	1.1 ~ 5톤	5,435.8	-	5,435.8	-
	5.1톤 이상	1,239.3	-	1,239.3	-

자료: 산업자원부·에너지관리공단, 『2007년 국가에너지종합 분석보고서』



■ 그림 2-5. 차종별 이산화탄소 배출량 비중(2006년)



■ 그림 2-6. 연료별 이산화탄소 배출량 비중(2006년)

OECD 주요국의 수송부문 GDP당 이산화탄소 배출량을 비교하여 보면 <표 2-8>과 같이 나타난다. 2000년~2005년 동안 주요국의 수송부문 이산화탄소 연평균 증가율을 보면 우리나라를 포함하여 다른 선진국들(일본 제외)은 GDP당 이산화탄소 배출량이 감소하는 것으로 나타났는데, 이는 이산화탄소 배출량 증가율보다 GDP 증가율이 더 빠르게 증가하였음을 의미한다.

■ 표 2-8. OECD 주요국의 수송부문 GDP당 이산화탄소 배출량

(단위 : CO<sub>2</sub> 톤/\$10,000, %)

구분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 증가율
호주	1.94	2.01	1.83	1.48	1.22	1.12	-8.5
캐나다	2.07	2.07	2.04	1.77	1.59	1.42	-6.4
프랑스	1.05	1.06	0.97	0.77	0.66	0.63	-8.5
독일	0.92	0.90	0.84	0.66	0.59	0.57	-7.7
이탈리아	1.03	1.03	0.96	0.78	0.69	0.67	-7.0
일본	0.54	0.64	0.65	0.59	0.55	0.55	0.2
한국	1.72	1.88	1.75	1.61	1.44	1.10	-7.2
스페인	1.58	1.58	1.43	1.17	1.02	0.98	-7.6
영국	0.93	0.88	0.83	0.73	0.59	0.58	-7.6
미국	1.75	1.70	1.68	1.64	1.53	1.46	-3.4

자료: 국가수송DB센터(www.ktdb.go.kr)

■ 표 2-9. 주요국의 수송부문 1인당 이산화탄소 배출량

(단위 : tCO<sub>2</sub>/인, %)

구분	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 증가율
호주	3.93	3.83	3.86	3.93	3.89	3.92	-0.1
캐나다	4.89	4.77	4.81	4.84	4.92	4.96	0.3
프랑스	2.35	2.39	2.35	2.30	2.24	2.21	-1.2
독일	2.12	2.07	2.05	1.97	1.96	1.92	-1.9
이탈리아	1.96	1.99	2.02	2.02	2.05	2.03	0.7
일본	1.99	2.05	1.99	1.96	1.98	1.95	-0.4
한국	1.87	1.91	2.01	2.05	2.04	1.81	-0.7
스페인	2.28	2.35	2.37	2.45	2.50	2.55	2.4
영국	2.28	2.15	2.21	2.24	2.14	2.14	-1.2
미국	6.04	5.98	6.06	6.11	6.03	6.05	0.02

자료 : 국가수송DB센터(www.ktdb.go.kr)

우리나라의 수송부문 1인당 이산화탄소 배출량은 2000년 이후 계속 증가하는 추세를 나타내고 있지만 2005년에는 1인당 1.81tCO<sub>2</sub> 로 OECD 국가들과 비교할 경우 상대적으로 적게 배출하는 것으로 나타났다(〈표 2-9〉 참조). OECD 주요국가 중 수송부문의 1인당 이산화탄소 배출량은 미국, 캐나다, 호주에서 가장 많이 배출하였고, 우리나라와 일본, 독일 등이 상대적으로 적게 배출하는 것으로 나타났다.

### 3. 건물부문 에너지 소비 및 온실가스 배출 현황

#### 가. 건축물의 정의와 현황

건물이란 지붕, 기둥, 벽이 있는 토지정착 시설물이라고 건축법상에서 정의되어 있다. 따라서 이 정의를 따를 경우 공장 등 각종 산업용 시설 역시 건물로 분류될 수 있다. 그러나 통상적으로 많은 연구에서 에너지 사용 분야를 산업, 수송, 가정용(주거용) 건물, 상업용 건물, 공공건물, 기타 등으로 구분하고 있으며, 통상적으로 가정, 상업, 공공 부문을 건물부문으로 분류하고 있다. 본 연구 역시 이러한 분류를 따랐으며, 공장 등의 산업용 시설은 '산업'분야에 포함된다고 보았다.

■ 표 2-10. 건축물 현황

(단위 : 동)

구분	계	주거용	상업용	공업용	문교·사회용	기타
2005	6,369,782	4,309,578	1,013,325	193,145	146,562	707,172
	100.00%	67.70%	15.90%	3.00%	2.30%	11.10%
2006	6,290,263	4,239,383	1,022,591	201,488	150,882	675,919
	100.00%	67.40%	16.30%	3.20%	2.40%	10.70%
2007	6,460,489	4,364,730	1,010,972	215,591	163,355	705,841
	100.00%	67.60%	15.60%	3.3%	2.50%	10.90%

자료: 건축물 현황, 국토해양부  
 주: 기타 건축물은 공공용, 농수산용 등을 말함

우리나라에는 2007년 기준으로 약 6백 5십여만 동의 건물이 존재하며, 이 중 68% 가량이 주거용 건물로서 대부분을 차지한다. 그 다음이 상업용 건물로서 16% 정도의 비중을 차지하고 있다. 가정용 건물과 상업용 건물을 합하면 그 비중은 전체 건물 중 80% 이상이다(〈표2-10〉 참조).

전반적으로 용도별 건축물의 비중은 큰 변동이 없었으나 건축물 전체의 숫자는 2005년에 비해 2006년에는 10만 동 정도 감소하였고 2007년에 20만 동 정도 증가하였다. 건물 중 대다수를 차지하는 주거용 건물인 주택 비중을 살펴보면 전체 가구수는 2005년에서 2007년에 걸쳐 꾸준히 증가하는 경향을 보였으며, 단독주택 비율이 하락하고 아파트와 다세대 주택의 비율이 증가하는 경향을 보였다. 또한 호수 대비 가구원수의 하락이 관찰되었다. 이는 평균적으로 한 가구당 적은 사람이 거주한다는 뜻으로 핵가족화를 나타낸다. 일반적인 통념상 구성원 수가 적은 가구일지라도 기본적인 전기와 난방은 제공되어야 하므로 핵가족화는 건물 분야 에너지 소비 증가 요인이며, 에너지 소비는 온실가스 배출을 야기하므로 온실가스 배출을 악화시키는 요인이기도 하다. 본 연구에서는 건물을 가정, 상업·공공 부문으로 분류하였다. 이 중 연간 2,000TOE 이상의 에너지를 사용한 건물은 별도의 대형건물로 별도 구분하였다.

■ 표 2-11. 주거형태별 주택 비율

	1990		1995		2000		2005	
	주택비율 (%)	가구원/주택수	주택비율 (%)	가구원/주택수	주택비율 (%)	가구원/주택수	주택비율 (%)	가구원/주택수
단독주택	66%	5.87	47%	4.70	37%	4.07	32%	3.64
아파트	29%	6.64	40%	5.68	47%	5.03	53%	4.52
연립주택	7%	3.92	6%	3.65	4%	3.42	4%	3.24
다세대 주택	3%	4.72	3%	3.89	8%	3.50	9%	3.18
영업용 건물 내 주택	4%	4.35	4%	3.72	2%	3.38	2%	3.08

자료 : 가구 현황(가구별 가구원수), 국토해양부

### 나. 에너지 사용 현황

국내 에너지 사용량은 2001년 143,194천 TOE에서 2007년 171,864천 TOE로 약 20% 가량 증가하였다. 부문별로 살펴보면 산업부문, 수송부문, 상업·공공부문의 에너지 사용량 비중이 2001년 대비 약 1% 내외의 증가를 기록한 반면 가정부문은 약 3.1% 가량 감소하였다.

표 2-12. 최종 에너지 부문별 소비 비중

(단위 : 1,000TOE)

	2001년	구성비(%)	2004년	구성비(%)	2007년	구성비(%)	2004/2007년 연평균 증가율
산업	80,521	56.2	87,613	55.3	98,543	57.3	4.0%
수송	32,669	22.8	37,318	23.5	39,789	23.2	2.2%
가정	20,133	14.1	20,685	13.1	18,885	11.0	-2.9%
상업·공공	9,870	6.9	12,912	8.1	14,646	8.5	4.3%
합계	143,194	100	158,528	100	171,864	100	2.7%

자료 : 에너지 경제연구원, 에너지 총조사 2008

본 연구에서 다루는 건물부문의 에너지 사용은 가정부문과 상업·공공부문에서의 에너지 사용으로 구분하여 볼 수 있다. 에너지경제연구원에서 집계한 에너지 총조사에 따르면 가정부문과 상업·공공부문을 통한 에너지 소비는 약 20% 내외로 나타난다. 연도별 증감을 살펴보면 2001년에 21%에서 2007년에는 19.5%로 소폭 감소한 것으로 나타나는데, 이는 상업·공공부문의 비중에 대비하여 가정부문의 에너지 소비가 감소하여 나타난 결과라고 볼 수 있다. 이와 같이 비중이 감소하는 원인은 건물부문의 에너지 소비량이 줄었기 때문이 아니라 건물부문 또한 시간이 지남에 따라 에너지 소비량이 증가하였으나, 산업이나 수송부문의 에너지 소비량이 더 빨리 증가하여 나타난 현상이다.

### 1) 가정부문

가정부문은 2004년에 약 20백만 TOE의 에너지를 사용하였으며 2007년에는 약 19백만 TOE의 에너지를 사용하여 전반적으로 에너지 사용량과 온실가스 배출량이 소폭 감소하였다. 2007년과 2004년의 연료 구성을 비교해 보면 프로판과 등유, 중유 등의 석유류의 사용은 2007년에 크게 줄어든 반면 도시가스, 연탄, 전력 등의 사용량은 오히려 증가하였다. 석유류 사용 감소는 난방용과 취사용으로 쓰던 석유가스, 등유, 중유 등의 연료가 도시가스나 연탄 등으로 대체되었기 때문으로 추측된다. 도시가스는 매년 연료를 구입하여 교환해 주어야 하는 석유 계열 연료보다 편리하며, 최근 건설할 때부터 도시가스 시설이 장치되고 있는 아파트가 증가하는 것을 고려해 보면 도시가스 비중의 증가는 당연한 것으로 보인다. 연탄은 석유에 비해 사용이 편리한 연료가 아니므로 연탄의 증가에는 연료의 가격이 큰 영향을 미친 것으로 보인다.

가구당 가구원수별 에너지 현황을 보면 가구원이 많은 가구일수록 더 많은 에너지 소모량을 보이는 것을 알 수 있다. 하지만 가구원수와 에너지 소비량은 1대 1로 정비례하지는 않는다. 예를 들어, 가구원수와 에너지 소비량 사이에 1대1의 정비례관계가 성립한다고 하면 6인 가구는 2인 가구보다 대략 3배의 에너지 소비량을 보여야 한다. 그러나 실제로는 1.8~1.3배 정도에 불과한 것을 알 수 있다. 이는 핵가족화가 에너지 소비량에 해롭다는 직관을 뒷받침해 준다. 현재 우리나라의 주택 호수는 증가하는 반면 단위당 평균 가구원수가 감소하고 있는 추세이며, 따라서 이는 건물분야 온실가스 배출 저감에 악영향을 미칠 요소라고 판단 할수 있다.

2004년의 가구원수별 에너지 소비량과 2007년의 결과를 비교하면 2007년의 가구 수 증가에 따른 에너지 절감량 차이가 2004년보다 작다. 이는 상대적으로 적은 가구원수의 가구와 많은 가구원수의 가구 간 에너지 소비 격차가 줄었다는 것을 의미한다.

표 2-13. 가정부문 에너지 사용량

(단위 : TOE)

연료 구성	연료별 에너지 사용량	
	2007	2004
연탄	322,090	198,380
	1.71%	0.96%
등유	2,070,180	3,952,900
	10.96%	19.11%
중질중유	265,860	311,590
	1.41%	1.51%
프로판	1,042,910	1,894,570
	5.52%	9.16%
도시가스 (취사용)	1,346,290	1,211,280
	7.13%	5.86%
도시가스 (난방용)	7,791,580	7,592,970
	41.26%	36.72%
전력	4,676,070	4,196,100
	24.76%	20.29%
열에너지	1,285,020	1,282,660
	6.80%	6.20%
온수(급탕)	16,370	12,500
	0.09%	0.06%
임산연료	68,590	26,920
	0.36%	0.13%
합계	18,884,960	20,679,870

자료 : 에너지 경제연구원, 에너지 총조사 2005, 2008

표 2-14. 가구원수별 표본 가구당 에너지 소비량

(단위 : 10<sup>3</sup>Kcal)

		2인 이하	3인	4인	5인	6인
2004	에너지 소비량	10,190.8	12,802.1	13,449.3	15,293.0	18,276.9
2007	에너지 소비량	9,297.8	11,891.6	13,285	14,680.3	16,604

자료 : 에너지 경제연구원, 에너지 총조사 2005, 2008.

건축 연도별 에너지 소비량을 살펴보면 건축 연도와 에너지 소비량의 상관관계가 명확하지 않으며 오히려 최근에 지은 2000년 이후 건물이 에너지 소비량과 온실가스 배출량이 높았다. 만약 낡은 주택에 사는 사람과 새 주택에 사는 사람의 에너지 소비 패턴이 동일하다고 가정한다면,<sup>1)</sup> 결국 낡은 주택과 새 주택의 에너지 소비의 차이는 냉, 난방비일 것이다. 주택의 수명에 비해서 가전제품이나 취사용 버너, 보일러 등의 수명이 짧으므로 주택이 낡았다고 해서 가전제품이나 다른 에너지 소비 기구가 낡았다고 볼 수는 없으며, 결국 주택 자체에 의해 차이날 수 있는 부분은 건물 자체의 단열 능력 차이일 것이다. 즉, 다음의 표와 같은 결과를 단순하게 해석하면 주택들 사이에는 특별히 단열 능력의 개선이 일어났다고 보기 어렵다.

■ 표 2-15. 2007 가정부문 건축 연도별 에너지 소비량/온실가스 배출량

(단위 : TOE, tCO<sub>2</sub>)

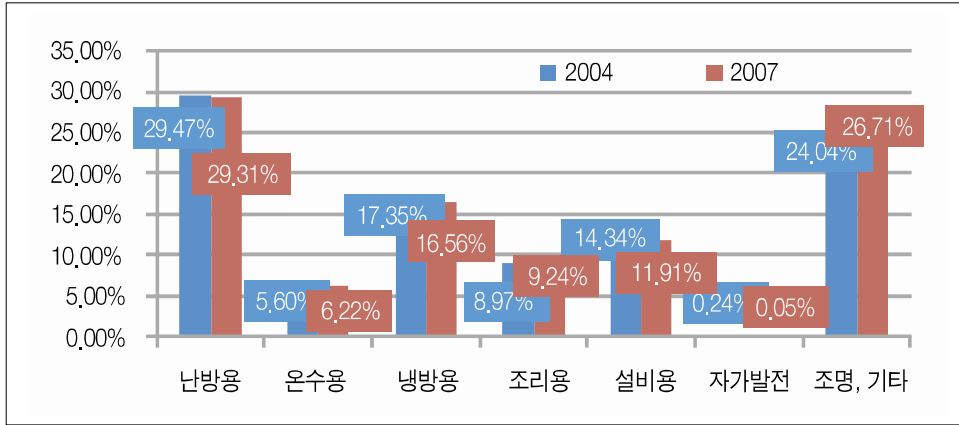
	건물 한 단위당 에너지 소비량	건물 전체 합계 에너지 소비량
1960년 이전	1,1886	64487.5 (1.53%)
~1969	1,01202	12897.5 (0.31%)
~1979	1,0962	121236.5 (2.87%)
~1989	1,16962	647454.5 (15.33%)
~1999	1,19649	2357663 (55.83%)
2000년 이후	1,27559	1018903 (24.13%)

자료: 에너지 경제연구원, 에너지 총 조사 2008

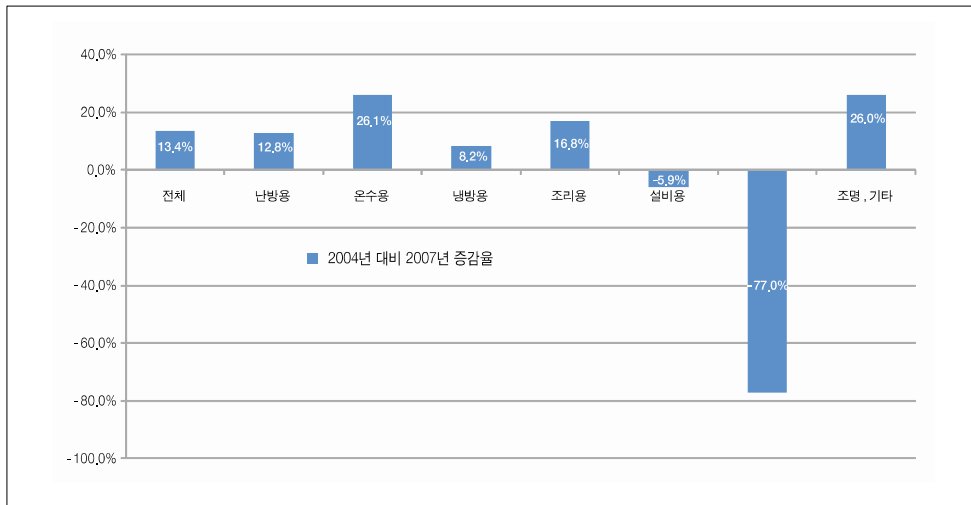
## 2) 상업·공공 부문

2004년과 2007년의 용도별 에너지 사용 추이를 살펴보면 에너지 소비 패턴은 유사하여 큰 차이를 보이지 않는다. 상업·공공 분야 내에서 가장 많은 비중을 차지하는 에너지 소비는 난방용 에너지와 조명·기타에 사용되는 에너지 소비였으며, 각각 전체 에너지 소비의 약 30%와 25%를 사용하여 두 가지 용도로 이용되는 에너지가 전체의 절반 이상을 차지한다.

1) 결국 가정부문의 건물이란 산업체나 상업용 건물과 달리, 건물마다 용도가 차이가 크지 않고 취사, 난방, 숙박 등에 이용되므로 위와 같은 가정은 타당성이 있다.



■ 그림 2-7. 상업·공공 분야의 용도별 에너지 사용량 비중



■ 그림 2-8. 상업·공공분야의 용도별 에너지 사용 비중 증감 추이

그 다음을 차지하는 것은 냉방용 기기로서 16~17% 정도의 적지 않은 비중을 차지한다. 따라서 에너지 수요를 억제하기 위해서는 난방용 수요를 억제하거나 조명기기, 냉방기기, 기타 전기기기 등에서 발생하는 에너지 소비를 줄이는 것이 중요할 것으로 보인다. 그 외 설비용, 조리용, 온수용 순으로 높은 에너지 사용량을 보인다.

상업·공공분야의 에너지 사용량의 변화 추이를 살펴보면, 2004년에 대비하여 2007년에는 전체적으로 약 13.4%가 증가한 것으로 나타났다. 세부적으로는 온수용 및 조명·기타용으로 에너지 이용이 가장 큰 폭으로 증가한 반면, 설비용 및 자가 발전용 에너지 이용이 감소 추세를 보였으며, 특히 자가 발전용 에너지 이용은 약 77% 하락하였다. 다만 온수용의 경우 상업·공공분야 전체에서의 비중이 약 6% 내외, 자가발전용 에너지의 경우 1% 미만으로 미비하여 이러한 증감이 큰 의미가 없다 하겠다.

■ 표 2-16. 용도별 사용 에너지 비중

	연도	석탄류	석유류	LPG	LNG	전력	열에너지 및 기타
합계	2005	0.7%	9.5%	4.5%	21.3%	63.1%	1.0%
	2008	0.7%	7.5%	5.3%	22.9%	62.6%	1.0%
난방용	2005	1.2%	25.2%	4.6%	35.2%	31.5%	2.3%
	2008	2.4%	21.1%	7.6%	37.0%	29.8%	2.2%
온수용	2005	0.0%	9.4%	5.3%	55.2%	27.8%	2.3%
	2008	0.1%	17.2%	1.5%	54.4%	24.2%	2.6%
냉방용	2005	0.0%	0.7%	0.1%	19.9%	78.7%	0.7%
	2008	0.0%	0.2%	0.1%	21.7%	76.9%	1.0%
조리용	2005	3.3%	1.6%	31.1%	44.9%	19.1%	0.0%
	2008	0.2%	1.1%	31.6%	52.6%	14.4%	0.0%
설비용	2005	0.0%	7.4%	0.1%	0.7%	91.8%	0.0%
	2008	0.0%	0.6%	0.5%	0.1%	98.7%	0.0%
자가발전	2005	0.0%	26.3%	0.2%	73.4%	0.0%	0.0%
	2008	0.0%	28.9%	0.0%	71.1%	0.0%	0.0%
조명·기타	2005	0.0%	0.6%	0.0%	0.3%	99.0%	0.1%
	2008	0.0%	0.1%	0.0%	0.5%	99.3%	0.0%

한편 에너지원별 구성을 보면 상업·공공분야의 전체 에너지 사용 중에서 도시가스와 전력에 의한 에너지 사용이 약 85%를 차지한다. 특히 전력이용을 통해 얻는 에너지가 전체의 약 63%로, 전력에 의존하는 경향이 큰 것으로 나타났다.

■ 표 2-17. 상업·공공 분야의 용도별 에너지 소비량 변화 추이

(단위 : TOE)

용도	에너지원	에너지원						합계
		석탄류	석유류	LPG	LNG	전력	열에너지 및 기타	
난방용	2004	46,801	959,743	175,513	1,337,748	1,197,442	87,692	3,804,938
	2007	102,431	903,713	325,543	1,585,954	1,280,606	93,312	4,291,558
온수용	2004	90	67,759	38,343	398,926	201,147	16,557	722,823
	2007	769	156,481	14,009	496,235	220,204	23,672	911,370
냉방용	2004	-	14,940	2,750	445,370	1,762,924	14,673	2,240,657
	2007	-	5,809	3,502	526,915	1,865,263	23,427	2,424,916
조리용	2004	37,835	19,036	359,885	519,766	221,563	16	1,158,102
	2007	2,516	15,276	428,045	711,534	195,151	10	1,352,531
설비용	2004	-	137,742	2,641	12,203	1,698,852	135	1,851,572
	2007	-	10,975	9,102	2,593	1,720,587	-	1,743,256
자가발전	2004	-	8,072	75	22,496	-	-	30,642
	2007	-	2,033	0	5,001	-	-	7,034
조명·기타	2004	-	17,721	450	9,470	3,071,901	4,075	3,103,617
	2007	-	4,348	1,472	20,355	3,884,364	-	3,910,539
합계	2004	84,726	1,225,013	579,656	2,745,979	8,153,829	123,149	12,912,350
	2007	105,715	1,098,635	781,672	3,348,586	9,166,174	140,421	14,641,203
증감률		24.77%	-10.32%	34.85%	21.95%	12.42%	14.03%	13.39%

용도별, 에너지원별 에너지 사용량을 구체적으로 살펴보면 가장 많은 에너지 소비를 하고 있는 난방용은 전체 약 90% 이상이 도시가스(약 35%), 전력(약 31%), 석유류(약 25%) 세 가지 에너지원이 주로 사용되고 있는 것으로 볼 수 있다. 난방용으로 사용된 에너지원 중 난방용 에너지의 가장 큰 비중을 차지하는 도시가스의 경우 2007년 약 37%를 차지하여, 2004년(약 35%) 대비 소폭 상승하였는데, 이는 사용이 편리한 도시가스 수요가 증가한 것에 기인한다. 석유류 에너지원의 경우 난방용에 사용되는 에너지원들 중에서 유일하게 사용량, 비중 모두 감소하였는데, 약 56,000TOE 감소를 기록하며 절대사용량 약 5.84%가 감소하였다. 이는 유가 상승이

경기침체의 여파에 기인한 것으로 사료된다, 이는 석탄 및 기타 에너지의 이용으로 대체 되었으며, 특히 석탄은 2004년 대비 2007년에 약 119% 급증하였다. 다만 석탄의 절대 사용량이 많지 않아서(난방용으로 사용된 석탄은 2004년 46,801TOE에서 2008년 102,431TOE로 증가하긴 하였으나, 난방용 내의 비중은 약 1~2%에 불과함) 큰 의미를 갖지는 못한다.<sup>2)</sup>

조명·기타 용도로 사용되는 에너지는 거의 절대 다수가 전력을 이용하는 것으로 집계된다. 2004년 조명·기타 용도로 사용된 3,103천TOE 중에서 98.98%에 해당하는 3,071천TOE가, 2007년 3,901천TOE 중 99.33%에 해당하는 3,884천TOE가 전력 에너지이며, 전력 사용 비중이 소폭 증가한 것으로 나타났다. 밝은 조명의 선호와 전자제품의 수요가 지속적으로 증가하고 있는 상황임을 감안하면 향후 조명·기타 용도의 에너지 사용은 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. LED 보급을 확대할 경우 향후 이 용도의 에너지 사용 증가를 완화할 수 있을 것이다.

냉방에 사용된 에너지는 2004년 전력 이용이 1,762천TOE로 약 79%에서 2007년 1,865천TOE를 사용하여 약 77%를 차지하는 등 전력이 냉방에너지 이용에 주요한 에너지원임을 알 수 있다. 전력 다음으로는 도시가스(LNG)가 냉방용 에너지 사용의 약 19%내외를 차지하여 전력과 도시가스 두 에너지원이 냉방용 에너지 사용에 절대 다수를 차지한다.

### 3) 대형건물

본 연구에서 대형건물이라 함은 에너지이용합리화법상에 존재하는 개념으로 물리적으로 큰 건물을 의미하는 것이 아니라 에너지 사용량으로 구분한다. 이 기준에 따르면, 대형건물은 연료 및 열과 전력의 연간 사용량 합계가 2,000TOE 이상의 에너지를 사용하고 있는 건물이다.<sup>3)4)</sup>

대형 건물의 용도별 에너지 소비량을 보면 학교, 연구소, 호텔, 병원, 아파트 등이 에너지 소비가

2) 석탄의 경우 2005년 난방용과 조리용으로 각각 55.24%, 44.66%로 두 가지 용도로 주로 이용되었으나, 2008년에는 난방용으로 96.89%, 조리용 2.38%로 이용되어 조리용을 목적으로 한 석탄의 이용은 크게 감소한 것으로 나타남.

3) 기존의 대형건물의 기준은 연간 1,000TOE 이상의 연료 및 열을 사용하거나 계약전력이 500KW 이상으로서 연간 400만KWh 이상의 전력을 사용업체였으나 1999년 6월 연간 에너지 사용량 합계가 2,000 TOE 이상의 건물로 상향 조정 되었음.

4) 대형건물의 에너지 사용량에 대한 조사는 2,000TOE 이상의 에너지 다소비 건물에 대해서 전수조사가 실시되고 있음

높은 건물에 속하며, 아래의 항목 구분에 배열하기 어려운 기타 용도의 에너지 소비가 가장 많은 것으로 나타났다.<sup>5)</sup> 학교의 경우 교육용 전기가 싸게 공급되고 있는 점을 감안하면 이에 대한 향후 조정이 필요할 것으로 판단된다. 아파트의 건물 당 평균에너지 소비량은 2004년 2,661TOE(2008년 2,731 TOE)로 대형건물의 에너지 소비 전체 평균값 2004년 2,650TOE(2008년 2,617TOE)와 비슷한 양상을 보인다. 통신, 백화점, 공공빌딩, 상가, 일반빌딩의 경우 전체 평균보다 적은 에너지 소비를 기록 하고 있다.

■ 표 2-18. 대형건물의 에너지 소비량

용도	연도	에너지 소비량	표본 수	건물 당 평균 에너지 소비량
기타	2004	146,484	35	4,185
	2007	104,660	28	3,738
학교	2004	144,362	39	3,702
	2007	210,658	61	3,453
연구소	2004	67,065	18	3,726
	2007	75,474	26	2,903
호텔	2004	103,713	34	3,050
	2007	134,681	39	3,453
병원	2004	144,030	48	3,001
	2007	197,372	63	3,133
아파트	2004	537,552	202	2,661
	2007	543,472	199	2,731
전화국 (통신)	2004	23,336	10	2,334
	2007	63,458	26	2,441
백화점	2004	72,596	35	2,074
	2007	117,942	54	2,184

5) 기타 용도 건물은 일반 다른 용도의 빌딩과는 특성상 구분이 되나 개별 용도별로 나누기에는 그 표본의 수가 많지 않은 용도의 건물의 집합. 경마장, 놀이공원과 같은 테마파크, 농산물관리 공사 등과 같은 건물이 포함됨.

■ 표 2-18. 대형건물의 에너지 소비량(계속)

용도	연도	에너지 소비량	표본 수	건물 당 평균 에너지 소비량
공공빌딩	2004	36,551	18	2,031
	2007	73,936	37	1,998
상가	2004	144,695	75	1,929
	2007	159,683	86	1,857
일반빌딩	2004	114,243	65	1,758
	2007	140,229	77	1,821
합계	2004	1,534,627	579	2,650
	2007	1,821,564	696	2,617

자료 : 에너지 경제연구원, 에너지 총조사 2005, 2008

■ 표 2-19. 대형건물 용도별 에너지 사용량

용도	연도 구분	석탄류	석유류	LPG	LNG	전력	열에너지 및 기타	합계
일반 빌딩	2004	-	102	-	40,565	71,896	1,680	114,243
	2007	-	546	-	42,720	93,582	3,382	140,229
공공 빌딩	2004	-	3,186	13	10,911	20,853	1,587	36,551
	2007	-	8,639	579	21,439	41,985	1,295	73,936
백화점	2004	-	9	-	21,465	50,968	155	72,596
	2007	-	24	-	31,532	84,789	1,597	117,942
상가	2004	-	79	1	49,091	93,560	1,965	144,695
	2007	-	1,379	-	47,648	108,451	2,205	159,683
학교	2004	-	14,426	808	49,691	75,467	3,971	144,362
	2007	-	7,200	156	81,061	117,747	4,494	210,658
연구소	2004	-	5,562	101	20,968	40,433	-	67,065
	2007	-	1,385	5	26,556	47,528	-	75,474
호텔	2004	-	6,102	423	51,398	45,790	-	103,713
	2007	-	3,906	1,095	69,231	60,449	-	134,681
병원	2004	-	1,452	169	86,796	54,261	1,352	144,030
	2007	-	128	98	111,234	81,300	4,612	197,372

표 2-19. 대형건물 용도별 에너지 사용량(계속)

용도	연도 구분	석탄류	석유류	LPG	LNG	전력	열에너지 및 기타	합계
전화국 (통신)	2004	-	76	-	1,123	13,791	8,347	23,336
	2007	-	56	-	5,169	57,312	922	63,458
아파트	2004	12	67,484	77	259,116	118,719	92,143	537,552
	2007	-	36,933	-	234,210	134,048	138,281	543,472
기타	2004	-	31,895	9,623	18,582	78,281	8,103	146,484
	2007	-	23,452	9,040	23,149	47,908	1,111	104,660
합계	2004	12	130,372	11,216	609,707	664,019	119,301	1,534,627
	비중(%)	0.001	8.50	0.73	39.73	43.27	7.77	100.00
	2007	-	83,647	10,973	693,947	875,099	157,897	1,821,564
	비중(%)	0	4.59	0.60	38.10	48.04	8.67	100.00
	증감률 (%)	-100	-35.84	-2.16	13.82	31.79	32.35	18.70

자료 : 에너지 경제연구원, 에너지 총조사 2005, 2008

에너지 사용에 대해서 에너지원별로 살펴보면 전체적으로 전기 에너지(약 43% 이상)와 도시가스(약 38% 이상) 두 가지의 에너지원의 이용이 2004년 83%(2007년의 경우는 86%)로 매우 큰 비중을 차지함을 확인할 수 있다. 이 중에서도 가장 많이 이용되는 에너지원은 전력으로, 2004년 대비 31.79%가 증가하는 등 도시가스의 증가율(13.82%) 보다도 높으며, 따라서 전력의 높은 온실가스 유발효과를 감안하였을 때 대형건물의 전력이용에 대한 대책이 필요하다. 전력과 도시가스를 제외한 석유류의 에너지와 열에너지 및 기타 에너지가 각각 8%, 7% 정도를 차지하여 앞의 두 가지 에너지원과 합칠 경우 네 가지 에너지원이 전체의 99% 이상을 차지한다.

평균 에너지 사용량이 가장 큰 기타 용도의 건물의 경우 전력에너지의 이용이 가장 큰 비중을 차지한다. 다만 2004년 78,281TOE를 사용(전체의 53.44%)하였으나 2007년에는 47,908 TOE를 사용하여 절대적 사용량 38.80%, 비중 32.70%로 각각 20% 감소하였다. 기타 용도 건물의 전체 에너지 사용량이 2004년 146,484TOE에서 2007년 104,660TOE로 줄어 든 것이 가장 큰 원인이며, 이 외에도 전체 사용에너지가 감소하였음에도 도시가스는 절대 사용량이

오히려 증가(2004년 18,582TOE에서 2007년 23,149 TOE로 증가)하여 도시가스의 비중은 증가하였기 때문이다. 학교의 경우 평균 에너지 사용량이 대형건물에서 두 번째로 높을 뿐만 아니라 표본의 수 역시 아파트에 이어서 두 번째로 많아 대형건물 중에서 총 에너지 사용량이 두 번째로 많다. 더구나 교육용 전력의 공급으로 인해 낮은 전력가격으로 전기를 공급 받아 전력의 비중이 2004년 52.28%(2008년 55.89%)로 평균보다 높게 나타났으므로, 향후 교육용 전력가격에 대한 논의가 필요하다.

이 밖에 전체 평균 이상의 에너지를 사용하고 있는 건물 용도를 보았을 때 연구소의 경우 전력 사용 비중은 약 61% 이상, 도시가스 31% 이상을 보여 전력과 도시가스 사용 비중이 높았다. 통상적인 에너지 사용 구성과는 달리 호텔의 경우 도시가스의 이용이 전력의 이용보다 약 5% 정도 더 많은 것으로 나타났다. 병원의 경우는 도시가스의 이용이 56% 이상이며, 전력을 통해 약 40%의 에너지를 사용하고 있다. 즉 연구소나 학교처럼 연구를 하는 기관의 전기 사용량이 높고, 병원이나 호텔처럼 숙박이나 취사의 기능을 하는 건물이 도시가스의 이용량이 높음을 알 수 있다.

전체 평균과 비슷한 아파트의 경우 도시가스의 비중(약 48%)이 전력(약 22%)의 약 두 배 이상을 차지한다. 마찬가지로 아파트는 주거용 건물로 호텔처럼 숙박이나 취사의 기능이 있기 때문에 도시가스의 비중이 높을 것이다. 또한 아파트의 경우 표본의 수가 가장 많아 절대적으로 볼 경우 전체 대형건물 중에서 절대적 에너지 사용량이 가장 많은 것을 알 수 있다. 2004년 대형건물 전체의 에너지 사용량의 35%를 아파트에서 사용하였으며, 2007년에는 약 30%로 5% 가량 하락하였다. 이는 표본 수의 크기의 변화가 한 요인이 되며, 2004년 579개에서 2007년 696개로 2004년 대비 약 20% 증가한 결과를 보이는데 반해 아파트의 경우 2004년 202개 빌딩에서 2007년 199개로 약 1% 가량 감소하였다. 즉 대형건물 전체의 표본 수는 증가한 데 비해서 반대로 아파트의 표본은 감소하여 아파트가 전체에서 차지하는 비중이 상대적으로 감소한 원인이 있다.

## 다. 건물부문의 온실가스 배출 현황

### 1) 온실가스 배출량 산정 방법

교토의정서의 본격 발효로 기후변화 협약 하의 선진국(Annex I)의 온실가스 의무 감축이 현실화되었으며, 따라서 온실가스에 관한 이슈가 전 세계적으로 큰 관심을 받고 있다. 우리나라에서도 최근 이 분야에 대한 관심이 매우 높아졌다. 그러나 아직 공식적으로 신뢰할 만한 국내의 에너지 사용에 따른 온실가스 배출 계수는 마련되어 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 국내의 현실과는 약간의 차이가 있을 수 있으나 IPCC의 연료당 이산화탄소 배출계수와 에너지 경제 연구원에서 작성한 에너지 IP조사 2005, 2008의 자료를 조합하여 이산화탄소 배출량을 추정하였다. 전력의 경우 역시 에너지관리공단에서 국내 발전연료 비중을 바탕으로 대략적인 배출계수를 제시한 바 있다. 다른 곳에서 연료를 연소하여 각 건물에 제공되는 열에너지나 온수의 경우 해당 열에너지 공급자인 지역난방업체의 대략적인 연료 소비 비중(천연가스류 : 중유 = 7 : 3)을 참조하여 각각 천연가스와 중유의 배출계수를 가중 평균하여 이산화탄소의 배출계수를 다음 표와 같이 구하였다.

■ 표 2-20. 탄소 배출계수

연료 종류	탄소배출계수(TC/TOE)	연료 종류	탄소배출계수(TC/TOE)
원유	0.829	무연탄	1.1
천연액화가스	0.63	원료탄	1.059
휘발유	0.783	연료탄	1.059
항공가솔린	0.783	갈탄	1.132
등유	0.812	Peat	1.186
항공유	0.808	BKB&patent Fuel	1.059
경유	0.837	Coke	1.21
중유	0.875	LNG	0.637
LPG	0.713	고체바이오매스	1.252
납사	0.829	액체바이오매스	0.837

표 2-20. 탄소 배출계수(계속)

연료 종류	탄소배출계수(TC/TOE)	연료 종류	탄소배출계수(TC/TOE)
아스팔트	0.912	기체바이오매스	1.281
윤활유	0.829	전기	1.41
petroleum Coke	1.14	열에너지/온수	0.7035
Refinery Feedstock	0.829	평균	0.9457

- 자료: 1) IPCC탄소배출계수(에너지 관리 공단 홈페이지 [www.kemco.or.kr](http://www.kemco.or.kr))  
 2) Euro Heat & Power, 2005 District Heating & cooking Country by Country/2007 Survey(한국 지역난방공사 2009 홍보 브로셔)
- 주: 1) 온실가스 배출량(TCO<sub>2</sub>)=에너지 사용량(단위: TOE)\*탄소배출계수(TC/TOE)\*(44/12)  
 2) 열에너지/온수의 배출 계수는 0.7\*천연액화가스 배출계수+0.3\*중유 배출계수로 구하였으며, 이는 지역난방사업자의 대략적인 연료 구성비임(2005년 기준)

LNG나 LPG 등의 에너지원의 탄소 배출계수는 0.637과 0.713으로 타 연료에 비해 열량 대비 탄소를 적게 포함하고 있으며, 석유 계열은 대략적으로 0.8 내외의 배출계수를 나타내었고, 석탄 계열의 연료는 1에서 1.2 정도의 높은 탄소값을 가진다.

전기 생산에 있어 발전 전력에 따른 연료 비중은 <표 2-21>과 같다. 2008년 기준으로 보면 대략 유연탄이 40%, 원자력 36%, 가스 17.9%, 중유 2%정도이며 나머지 연료는 사용량이 미미하다. 시간의 흐름에 따른 연료 구성을 살펴보면 예전부터 연료 사용 구조가 바뀌었다고 볼 수 없으며, 수력이나 대체에너지 등의 비중은 여전히 미미한 수준에 불과하다. 원자력의 경우 발전 전력량은 시간이 지남에 따라 조금씩 성장하는 추세이나 다른 연료의 발전량이 더 빨리 성장하였으므로 오히려 차지하는 비중은 점차 감소하였다. 원자력 발전 비율은 유연탄에 이어 2위 정도의 비율을 차지하고 있으며, 물론 원칙적으로 탄소를 배출하지 않는 발전 방식이므로 온실가스 저감에 좋은 발전 방식이긴 하나 원전 건설에 따른 갈등이나, 기타 제반 문제를 고려한다면, 향후 온실가스 문제 대응에 있어서 비중을 확대해야 할 것인지는 신중한 접근이 필요하다. 이슈가 되는 대체연료는 그 양이 워낙 미미하여 아직까지는 실질적으로 발전 부문에서의 온실가스 저감에 미치는 영향은 거의 없다고 보아도 과언이 아니다.

표 2-21. 에너지원별 발전 전력량

(단위 : Gwh, %)

	수력	무연탄	유연탄	중유	경유	가스	원자력	집단(중유)	대체	합계
1999	6,066	4,833	76,711	17,365	1,162	30,124	103,064	-	-	239,325
	2.5%	2.0%	32.1%	7.3%	0.5%	12.6%	43.1%	0.0%	0.0%	100.0%
2000	5,610	5,285	92,253	25,485	657	28,146	108,964	-	-	266,400
	2.1%	2.0%	34.6%	9.6%	0.2%	10.6%	40.9%	0.0%	0.0%	100.0%
2001	4,151	5,235	105,098	27,770	386	30,451	112,133	-	-	285,224
	1.5%	1.8%	36.8%	9.7%	0.1%	10.7%	39.3%	0.0%	0.0%	100.0%
2002	5,311	5,144	112,877	23,940	1,155	38,943	119,103	-	-	306,473
	1.7%	1.7%	36.8%	7.8%	0.4%	12.7%	38.9%	0.0%	0.0%	100.0%
2003	6,887	5,398	114,878	23,656	2,870	39,090	129,672	-	-	322,451
	2.1%	1.7%	35.6%	7.3%	0.9%	12.1%	40.2%	0.0%	0.0%	100.0%
2004	5,861	4,603	122,556	18,037	474	55,999	130,715	3,553	350	342,148
	1.7%	1.3%	35.8%	5.3%	0.1%	16.4%	38.2%	1.0%	0.1%	100.0%
2005	5,189	4,484	129,174	17,321	412	58,118	146,779	2,759	404	364,640
	1.4%	1.2%	35.4%	4.8%	0.1%	15.9%	40.3%	0.8%	0.1%	100.0%
2006	5,219	4,312	134,894	15,999	599	68,302	148,749	2,597	511	381,182
	1.4%	1.1%	35.4%	4.2%	0.2%	17.9%	39.0%	0.7%	0.1%	100.0%
2007	5,042	4,470	150,204	17,689	443	78,427	142,937	3,084	829	403,125
	1.3%	1.1%	37.3%	4.4%	0.1%	19.5%	35.5%	0.8%	0.2%	100.0%
2008	5,561	5,010	168,498	9,701	393	75,809	150,958	5,336	1,090	422,356
	1.3%	1.2%	39.9%	2.3%	0.1%	17.9%	35.7%	1.3%	0.3%	100.0%

자료: 전력통계속보(2009.8), 한국전력

가장 큰 탄소 배출계수 값(1.41)을 가지는 전력은 비록 발전 시에는 수력이나 원자력 등 탄소를 거의 함유하고 있지 않은 연료의 비중이 높긴 하나 석유, 가스, 석탄 등의 연료를 사용하여 전력을 생산할 때 이미 상당한 수준의 에너지 손실이 발생하였기 때문에 높은 탄소 배출량을 보일 것이며, 따라서 향후 온실가스 감축에 있어서 전기 에너지의 감축이 중요한 역할을 할 것이다.

이상에서 살펴 본 IPCC의 탄소배출계수는 온실가스 배출과 관련하여 대략적으로 추세를 파악하기에는 유용하나, 우리나라 현실의 특성이 고려되었다고 보다 힘들다. 따라서 국내 온실가스 배출을 정확하게 집계하기에는 한계가 뒤따른다.

## 2) 부문별 온실가스 배출현황

건물 분야 부문별 에너지 사용량과 온실가스 배출량을 정리하여 보면 다음 표와 같다. 가정 부문이 원래 건물 중 대다수를 차지하였기 때문에 에너지 사용량이 가장 많은 부문에 속한다. 2004년 기준으로 건물분야 전체 에너지 사용량의 61.6%에서 2007년에는 56.3%로 비중이 다소 감소하였다. 이와는 반대로 상업·공공부분은 대략 2004년 38.4% 정도의 비중을 차지하였으나 2007년 43.7%로 증가하였다. 절대적인 에너지 사용량으로 보아도 가정부문은 2004년에 비해 2007년이 감소하였고, 상업·공공부분은 오히려 에너지 소비가 증가하였다. 건물 전체로 보면 가정부문의 감소분이 상업·공공부분의 증가분보다 소폭 컸으므로 건물 전체로 본 에너지 소비량은 약간 감소하였다. 대형건물의 경우 에너지 사용량이 2004년 4.6%에서 2007년 5.17%로 소폭 비중이 상승하였을 뿐 큰 변화는 없는 것으로 나타났다.

■ 표 2-22. 건물부문 에너지 사용량과 온실가스 배출량

(단위 : 천TOE, 천CO<sub>2</sub>)

	에너지 사용량				온실가스 배출량			
	가정	상업·공공	대형 건물	건물 전체	가정	상업·공공	대형 건물	건물 전체
2004	20,680	12,912	1,535	33,592	64,244	54,443	5,601	124,288
	61.6%	38.4%	4.6%	100.0%	51.69%	43.80%	4.51%	100%
2007	18,885	14,641	1,828	35,354	60,232	61,365	6,842	128,439
	53.42%	41.41%	5.17%	100%	46.90%	47.78%	5.33%	100%

자료: 에너지 총조사 2005, 2008, 에너지 경제연구원

주: 대형건물이란 본 자료에서는 연간 2000TOE 이상을 사용하는 건물을 말함

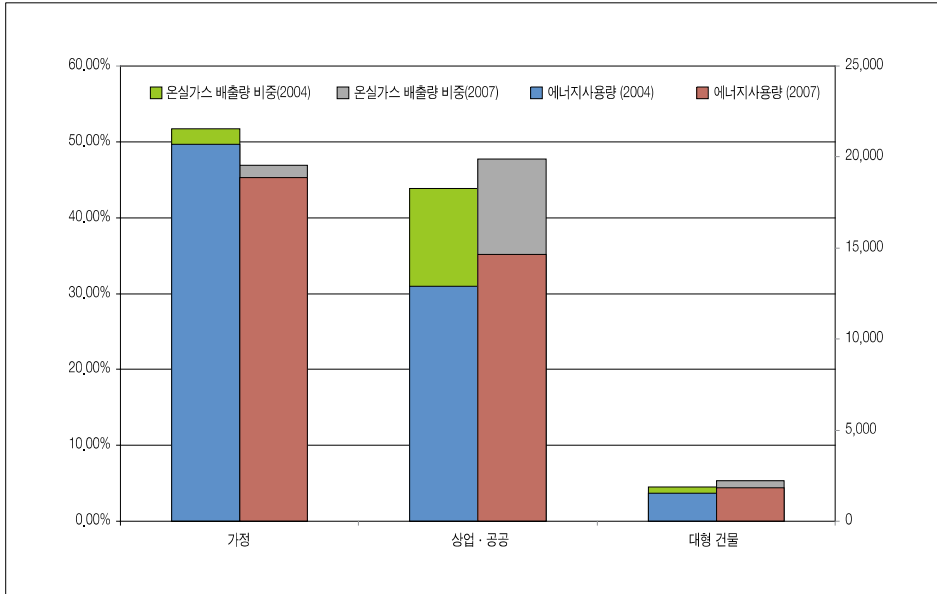


그림 2-9. 에너지 사용량 및 온실가스 배출량 비중 변화

한편 온실가스 배출에 있어서는 에너지 소비와 다른 양상을 보인다. 2004년의 경우에는 에너지 소비와 마찬가지로 온실가스 배출량 역시 가정부문이 가장 큰 비중을 차지하였다. 하지만 2007년에는 에너지 사용량에 있어서 여전히 가장 큰 비중(53.42%)을 차지함에도 산업·공공부문에서의 온실가스 배출량이 더 많았다. 즉 에너지 사용 비중이 10% 이상 더 적은 산업·공공부문이 온실가스 배출은 오히려 가정부문보다 더 많이 배출하는 결과가 나타났는데, 이는 가정부문의 온실가스 배출이 적은 도시가스의 비중이 산업·공공부문보다 높은 반면 온실가스 유발 효과가 큰 전력의 이용이 산업·공공부문에서 더 큰 비중으로 사용되는, 즉 에너지 사용의 연료 구성의 차이에서 비롯한다고 볼 수 있다.

이러한 상황은 건물수를 고려하여 보았을 때 그 문제점이 좀 더 명확하게 드러난다. 앞의 <표 2-22>에서 볼 수 있듯이 우리나라의 건물 약 6백5십여만 동의 건물 중에 주거용 건물이 약 67%, 상업용 건물이 약 15%, 문교·사회용이 약 2% 내외의 비중을 차지하고 있다. 즉 절대적 수에서 주거용 건물의 약 1/4에 불과한 상업·공공건물의 에너지 사용의 차이는 절대량을 기준으

로 약 29% 남짓이다. 게다가 전력에 의한 의존도가 높은 상업·공공부문에서의 온실가스 배출은 오히려 가정부문보다 많은 결과를 보인다.

대형건물은 전체 건물 중 4~5% 정도의 에너지 소비량과 4~5% 정도의 온실가스 배출량 비중을 차지하여, 에너지 사용량과 온실가스 배출량의 비중이 거의 차이가 없는 것으로 나타났다. 다만 2,000TOE 이상 에너지를 사용하는 대형건물의 수가 눈에 띄게 빠르게 증가하는 점은 우려할 만한 점이다. 이는 2004년에 579개 건물이었던 것이 696개로 3년 새에 20%나 증가한 것을 보면 알 수 있다. 또한 실제 에너지 사용량에도 2004년 대비 2007년에는 약 19% 증가하였으며, 건물 전체에서 차지하는 비중도 비록 소폭이기는 하나 증가한 것으로 나타났다. 이는 우리나라 건물 중 대형 건물이 약 0.1%에 불과한 696동인 것을 감안해 보면 에너지 사용량이 높다고 할 수 있다. 한편 이와 같은 건물의 대형화 추세는 건물부문의 온실가스 배출에 대한 관리 정책을 시행하는 데 있어서 향후 고려해야 할 요소라고 할 수 있다.

### 가) 가정부문

가정부문의 온실가스 배출량은 2004년 64백만 톤에서 60백만 톤으로 소폭 감소하였다. 온실가스 배출량의 감소는 전적으로 석유가스, 등유, 중유 등 석유 계열 연료의 사용량이 감소하였기 때문이다. 2007년과 2004년의 연료 구성을 비교해 보면 프로판과 등유, 중유 등 석유류의 사용은 2007년에 크게 줄어든 반면 도시가스, 연탄, 전력 등의 사용량은 오히려 증가하였다.

이러한 연료 구성 변화의 사회적 유·불리는 안정적인 연료 공급이나 소득 불평등 등 수많은 요소가 존재하기 때문에 단언하기는 어렵다. 다만 온실가스 배출량에 한정하여 논의를 진행할 경우 같은 열량 사용 시 도시가스는 석유류보다 이산화탄소를 덜 배출하므로 바람직하다 할 수 있으나 연탄은 비교적 많은 이산화탄소를 배출하므로 바람직하지 못한 반면, 연탄이 전체 가정부문 연료에서 차지하는 부분은 1~2% 정도에 불과하여 전체 온실가스 배출에 큰 영향을 주지는 못할 것이다.

온실가스 측면에서 가장 우려스러운 점은 전력 사용의 증가이다. 전력은 타 연료와 달리 실제 사용하기 전 다른 연료를 연소하여 전기를 생산한 후 송전하는 과정을 거치므로 그 효율이 떨어지기

마련이며, 상기 탄소배출계수에서도 가장 많은 이산화탄소를 배출하는 에너지로 나타나 있다. 또한 전체 연료의 25%정도 비교적 높은 비중을 차지하고 있다. 전력의 경우 열량에서는 20~25% 정도의 비중을 차지하나 온실가스 배출에 대해서는 33~40% 더 큰 비중을 차지하는 것을 볼 수 있다.

가구당 가구원수별 온실가스 배출량을 보면 에너지 사용량과 마찬가지로 가구원이 많은 가구일 수록 더 많은 온실가스를 배출하는 것을 알 수 있으며, 2004년에 비해 2007년의 가구원수별 온실가스 배출량의 격차가 적었던 것을 알 수 있다. 온실가스 배출량에서 에너지 사용량을 나누면 에너지 사용량 한 단위당 얼마나 많은 온실가스를 배출하였는지 확인할 수 있다. “온실가스 배출량 (tCO<sub>2</sub>)/에너지 사용량(10<sup>3</sup>Kcal)’의 비중이 2004년의 경우 0.0022정도였고, 2007년에는 0.002정도였다. 이는 가구당 연료 구성이 2004년보다 2007년에 온실가스 배출 측면에서 약간 유리하도록 구성되었다는 것을 의미한다.

표 2-23. 가정부문 연료 구성 별 온실가스 배출량

(단위 : TOE, tCO<sub>2</sub>)

연료 구성	온실가스 배출량	
	2007	2004
연탄	1,299,096	800,133
	2.16%	1.25%
등유	6,163,616	11,769,101
	10.23%	18.32%
중질중유	852,968	999,685
	1.42%	1.56%
프로판	2,726,514	4,953,038
	4.53%	7.71%
도시가스(취사용)	3,144,485	2,829,146
	5.22%	4.40%
도시가스(난방용)	18,198,534	17,734,647
	30.21%	27.61%

■ 표 2-23. 가정부문 연료 구성 별 온실가스 배출량(계속)

(단위 : TOE, tCO<sub>2</sub>)

연료 구성	온실가스 배출량	
	2007	2004
전력	24,175,282	21,693,837
	40.14%	33.77%
열에너지	3,314,709	3,308,621
	5.50%	5.15%
온수(급탕)	42,226	32,244
	0.07%	0.05%
임산연료	314,874	123,581
	0.52%	0.19%
합계	60,232,304	64,244,032

자료: 에너지 경제연구원, 에너지 총조사 2005, 2008

주: 이상의 온실가스 배출량은 에너지 총조사 2004, 2008에 집계된 에너지 사용량을 바탕으로 앞서 설명한 본 연구의 온실가스 배출량 산정 방법을 통해 도출된 값

가구원수별로 따져본 에너지 사용량 대비 온실가스 배출량 비율은 서로 비슷하며, 이는 가구수에 따른 연료 구성 패턴이 큰 차이가 없음을 보여준다.

■ 표 2-24. 가구원수별 표본 가구당 온실가스 배출량

(단위 : 10<sup>3</sup>Kcal, tCO<sub>2</sub>)

		2인 이하	3인	4인	5인	6인
2004	온실가스 배출량(a)	22.87	27.67	28.30	32.83	40.83
	(a)/에너지 사용량	0.0022	0.0021	0.0021	0.0021	0.0022
2007	온실가스 배출량(a)	19.64	23.68	26.22	29.45	33.88
	(a)/에너지 사용량	0.0021	0.0020	0.0020	0.0020	0.0020

자료 : 에너지 경제연구원, 에너지 총조사 2005, 2008

건축 연도별 온실가스 배출량을 살펴보면 일반적인 통념과 마찬가지로 1960년 이전의 매우 노후한 건물의 온실가스 배출량이 높은 것을 볼 수 있다. 그러나 그 이후 연도의 건물들의 경우 건축 연도와 온실가스 배출량의 상관관계가 명확하지 않았다. 에너지 사용량과 연관시켜 생각해 보면 1960년대 이전의 노후한 건물의 에너지 사용량은 그다지 다른 연령의 건물과 크게 차이하지 않았던 반면, 온실가스 배출량은 명확하게 차이가 났던 것은 1960년 이전의 노후한 건물은 타 연령대 건물과 비교해 볼 때 온실가스 측면에서 상당히 바람직하지 못한 연료 구성을 하고 있음을 의미한다. 그러나 총량적 관점으로 볼 때 1960년 이전의 높은 온실가스를 배출하는 가정부문 건물들은 실질적으로 그 수가 적어 가정부문 건물의 에너지 소비량 약 1.5%, 온실가스 배출량 약 3.6% 정도의 낮은 비중만을 차지하기 때문에 거시적인 관점에서 보면 비중이 낮은 이런 노후한 주택들에 대한 대책이 시급하다고는 볼 수 없다. 또한 1960년 이후로는 연령별로 뚜렷한 온실가스 배출량의 차이가 없으므로 기존 주택의 온실가스 저감을 위해서는 특별한 집단을 설정하여 정책을 집중시키는 것이 특별히 행정비용 대비 효율이 좋을 개연성이 떨어진다. 따라서 모든 연령의 주택에 영향을 미칠 수 있는 에너지 가격 정책이나 기타 보편적인 정책 수단을 사용하는 편이 나올 수 있다.

■ 표 2-25. 2007 가정부문 건축 연도별 에너지 소비량/온실가스 배출량

(단위 : tCO<sub>2</sub>)

	건물 한 단위당 온실가스 배출량	건물 전체 합계 온실가스 배출량
1960년 이전	29.10	2243844.94 (3.63%)
~1969	23.12	1426487.19 (2.31%)
~1979	24.08	4258555.27 (6.89%)
~1989	23.55	11677336.77 (18.90%)
~1999	23.73	28602397.43 (46.29%)
2000년 이후	24.44	13574952.09 (21.97%)

자료 : 에너지 경제연구원, 에너지 총조사 2008

## 나) 상업·공공부문

상업·공공분야의 온실가스 배출량을 살펴보면 조명·기타부문에 대한 에너지 사용에 따른 온실가스 배출이 전체의 32.83%(2005년의 경우 29.33%)로 가장 큰 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 조명·기타부문은 상업·공공분야 전체의 에너지 사용량 중에 약 26% 내외의 에너지를 이용하고 있지만 조명·기타부문에서 주 에너지원으로 이용되는 전력(약 99%)의 온실가스 배출 유발효과가 큰 것에 기인한다.

이어서 난방용에서 약 24%, 냉방용에서 약 18%, 설비용에서 약 14% 내외의 온실가스가 발생하며, 조리용에서 약 6%의 온실가스 배출 되고 있는 것으로 나타났다. 이 밖에 온수용 및 자가발전에서의 온실가스 배출은 각각 4%, 1% 미만으로 다른 용도의 에너지 이용에 따른 온실가스 배출보다는 그 비중이 적음을 알 수 있다. 앞서 조명·기타부문의 온실가스 배출량이 에너지 사용량과 비교하여 더 많은 온실가스 배출을 하고 있는 것을 설명한 것처럼 각각의 용도별 에너지 사용량과 온실가스 배출량에 차이를 보이는 것은 용도별 사용 에너지의 에너지원 구성에 따른다. 단순히 에너지 이용량으로 볼 경우 난방용이 약 30%의 에너지를 사용하여 가장 많은 에너지를 사용하지만 난방용 에너지 중 탄소 유발효과가 적은 LNG 및 LPG의 비중이 높아서 온실가스 배출에 있어서 전력을 주로 이용하는 조명·기타에 비해 많은 양의 온실가스를 배출하는 것이다.

■ 표 2-26. 상업·공공분야의 용도별 온실가스 배출량 추이

(단위: TOE)

	난방용	온수용	냉방용	조리용	설비용	자가발전	조명·기타	합계
2004	13,067,046	2,319,997	10,244,946	3,509,923	9,253,139	77,232	15,970,462	54,442,745
	24.00%	4.26%	18.82%	6.45%	17.00%	0.14%	29.33%	100%
2007	14,545,074	2,890,242	10,961,059	3,845,817	8,958,084	18,017	20,146,796	61,365,090
	23.70%	4.71%	17.86%	6.27%	14.60%	0.03%	32.83%	100%
증감률	11.31%	24.58%	6.99%	9.57%	-3.19%	-76.67%	26.15%	12.71%

주. 이상의 온실가스 배출량은 에너지 총조사 2004, 2008에 집계된 에너지 사용량을 바탕으로 앞서 설명한 본 연구의 온실가스 배출량 산정 방법을 통해 도출된 값임

한편 조명·기타용으로 사용되는 에너지로부터의 온실가스 배출이 갖는 더 큰 문제점은 증감률에서 찾을 수 있다. 2004년 대비 2008년에 배출한 온실가스의 증가율이 조명·기타용 에너지가 가장 큰 26.15%를 기록하였다. 전체 평균 증가율이 12.71%인 것과 비교하여 보면 다른 용도의 에너지사용에 따른 온실가스 배출 증가보다 두 배 이상 빨리 증가하고 있는 것이다. 이는 전력 사용 비중이 매우 높을 뿐만 아니라 이에 대한 수요 역시 다른 용도의 에너지 사용보다 빠르게 증가하는 경향을 보이는 것으로써, 보다 밝은 조명에 대한 수요와 기타 전자제품 사용의 증가 등에 따른 것으로 보인다. 따라서 이 부분에 대한 에너지 사용 관리가 필요한 것으로 예상된다.

#### 다) 대형건물

이상의 에너지 사용량을 토대로 온실가스 배출량을 산정한 결과 전체 온실가스 배출 중 가장 큰 비중을 차지하는 것은 아파트로 2004년 전체의 약 30%, 2007년 전체의 약 25%를 차지한다. 이는 에너지 사용량 비중보다 각각 약 5% 가량 줄어든 것으로, 아파트의 경우 대형건물 전체 평균보다 전력 사용이 적고 도시가스 사용이 많아 이와 같은 결과가 나타났다. 학교와 상가, 기타 용도의 건물이 각각 약 10% 전후의 비중을 차지하며 이는 에너지 사용 비중과 큰 차이를 보이지 않는다. 이 밖에 병원, 호텔, 연구소가 각각 9%, 7%, 5%의 비중을 차지하며 이 역시 에너지 사용 비중과 큰 차이가 없다.

한편 표본수로 나눈 용도별 건물의 평균 온실가스 배출량을 살펴보면 전체적으로는 에너지 사용량 비중이 높은 건물들이 온실가스 배출량 역시 높다는 것을 보여준다. 다만 평균 에너지 사용량에서 아파트가 연 건물당 평균 2,661~2,731TOE를 사용하여 병원에 이어 6번째로 많이 사용하였으나, 아파트보다 더 많은 평균 에너지를 사용하고 있는 통신 및 백화점보다 온실가스 평균 배출량은 더 적은 것으로 나타났다. 이는 아파트의 사용 연료별 구성에서 그 원인을 찾을 수 있는데 아파트는 약 43~38%의 연료를 도시가스로 충당하여(대형건물 전체 평균 약 38~39%) 다른 용도의 건물들에 비해서 도시가스 사용 비중이 높은 데 반해 전력은 약 22~24%를 사용하여 전체 평균인 43~48%에 비해 훨씬 적은 비중으로 전력을 사용한다. 즉 온실가스 배출에 있어서 유리한 도시가스 사용 비중이 적고, 온실가스 배출에 불리한 전력 사용 비중이 적은 온실가

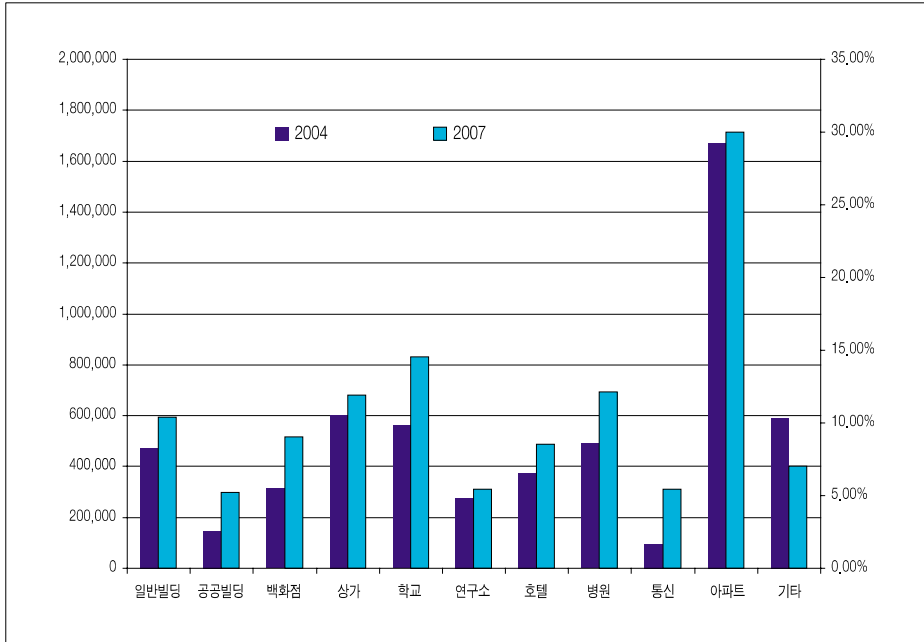
스 배출에 있어서 다른 용도의 건물들에 비해 유리한 구조로 되어 있어 에너지 사용량에 비해 적은 온실가스를 배출하고 있는 것이다.

표 2-27. 대형건물 용도별 평균 온실가스 배출량

(단위 : tCO<sub>2</sub>)

용도	연도 구분	온실가스 배출량	표본수	건물당 평균 온실가스 배출량
기타	2004	592,244	35	16,921
	2007	400,455	28	14,302
학교	2004	562,363	39	14,420
	2007	831,886	61	13,637
연구소	2004	274,845	18	15,269
	2007	311,887	26	11,996
호텔	2004	376,485	34	11,073
	2007	489,241	39	12,545
병원	2004	491,535	48	10,240
	2007	692,671	63	10,995
통신	2004	95,683	10	9,568
	2007	310,925	26	11,959
백화점	2004	314,063	35	8,973
	2007	516,200	54	9,559
아파트	2004	1,672,296	202	8,279
	2007	1,715,155	199	8,619
공공빌딩	2004	147,330	18	8,185
	2007	298,386	37	8,064
상가	2004	603,669	75	8,049
	2007	681,900	86	7,929
일반빌딩	2004	471,096	65	7,248
	2007	593,989	77	7,714
합계	2004	5,601,609	579	9,675
	2007	6,842,695	696	9,831

주: 이상의 온실가스 배출량은 에너지 총조사 2004, 2008에 집계된 에너지 사용량을 바탕으로 앞서 설명한 본 연구의 온실가스 배출량 산정 방법을 통해 도출된 값임



주 : 막대그래프는 용도별 건물의 온실가스 배출량을, 막대그래프위의 수치는 해당 연도의 건물 용도별 온실가스 배출량의 비중을 각각 나타냄

■ 그림 2-10. 대형건물 용도별 온실가스 배출량

이 밖의 다른 용도의 온실가스 배출량은 에너지 사용과 크게 다른 결과를 나타내지는 않으며, 평균 온실가스 배출량이 아닌 전체 배출의 증감에 있어서는 표본 수의 변화에 영향을 받을 뿐 전체적인 추세에 변화가 나타나지는 않았다.





## 제3장

### 온실가스 저감잠재성 분석의 개요 및 접근방법

## 1. 저감잠재성 분석의 개념 및 필요성

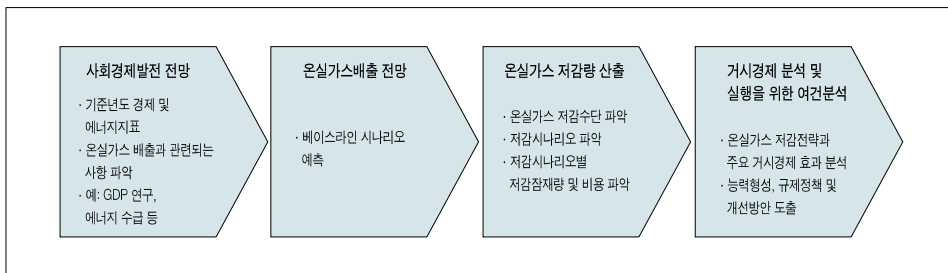
온실가스 감축 관련 사항의 향후 가장 기본적인 사항은 국가의 감축목표와 부문 간·부분 내 할당과 관련된 문제이다. 정부에서 의무감축량이 할당되는 경우 각 부문 및 감축주체는 수용 가능한 방식과 감축량인지 파악해야 하고, 동시에 각 감축주체의 수용 가능한 감축방식이 정부의 할당량 결정 시 반영되어야 할 것이다. 실질적으로 이와 같은 문제는 정부와 감축주체 간의 협상적 성격을 지닌다. 한편 감축주체 관점에서는 효율적인 에너지 및 온실가스 배출관리가 무엇보다 중요한 과제이다. 즉 어떤 기업, 공공기관, 소비자이든 지금까지 노력을 기울여 온 에너지절약의 성과와 원인을 파악하고, 향후 개선되어야 할 사항과 그 우선순위를 파악해야 한다. 위와 같은 두 가지 측면의 사항에 대비하기 위해서 가장 근본적인 문제는 정부는 물론 각 감축주체가 과거, 현재, 미래의 온실가스 배출량을 파악하고, 저감노력을 감안해 어느 수준의 감축잠재량이 실현되었고, 앞으로 달성될 수 있는지를 파악하는 것이다.

국가 온실가스 배출량의 주요 결정요인은 국민소득, 인구, 산업구조 등이다<sup>6)</sup>. 한편, 일반 기업의 온실가스 배출량은 일반적으로 생산량, 제품구조, 사용 에너지원, 에너지효율기술 등에 의해 결정된다. 생산량과 제품구조는 해당 시장과 연관되는 것으로 기업의 경제성 지표가 된다. 사용되는 에너지와 효율은 설비와 사용방식에 의해 결정되며 기술지표적 성격을 지닌다. 이와 같이 온실가스 배출량은 다양한 요인에 의해 결정되며 온실가스 배출량 산정은 감축잠재량 산정 시 중요한 기준이 된다. 온실가스 저감노력은 향후 도입될 수 있는 에너지기술과 관련된 것으로써 도입에 필요한 비용과 시간이 요구되며, 이 도입효과에 따라 기준 배출량 대비 감축량이 산정될 수 있다.

저감잠재성 분석은 사용되는 목적에 따라 구분될 수 있다. 즉 이론적으로 감축할 수 있는 최대 저감잠재량(물리적 저감잠재량), 현재까지 증명된 기술의 채택을 전제로 한 기술적 저감잠재량, 채택 가능한 기술 중에서 사회구조, 제도 등의 변화까지 고려된 수용 가능한 사회경제적 저감잠재

6) 특히, 우리나라와 같이 에너지 수입 의존도가 매우 높고, 에너지 다소비 중심의 경제구조를 지닌 경우 유가와 관련된 에너지 수입가격은 국가배출량에 중요한 영향을 미침

량 등이 있다. 어떤 저감잠재량 분석 시에도 배출전망(Business As Usual; BAU)과 기준년도의 설정문제는 매우 중요한 고려사항이다. BAU와 기준년도 설정에 따라 부담되는 감축량과 감축비용이 결정적으로 영향을 받을 수 있기 때문이다. UNEP에서 권고하고 있는 일반적인 저감잠재성 분석절차는 <그림 3-1>과 같다.



■ 그림 3-1. 저감잠재성 분석절차(UNEP 권고안)

온실가스 감축옵션은 기술적 수단(technology measures)과 정책적 수단(policy instruments)을 포함하는 개념으로서 온실가스 감축을 위해 채택할 수 있는 모든 대안을 일컫는다. 기술적 수단은 기술 도입, 효율 향상 등 주로 기술과 관련된 것으로서, 직접 배출감축 효과를 기대할 수 있는 수단을 의미한다. 정책적 수단이란 온실가스 감축옵션의 채택을 촉진할 수 있는 것으로 재정, 규제, 행태 등 시스템적인 간접적인 방법을 통해 기술적 감축수단 채택에 영향을 주는 것을 의미한다.

위와 같은 저감옵션의 특성상, 저감잠재량을 분석할 때 기술적 수단과 정책적 수단을 동시에 고려하면 이중계산이 발생할 수 있다. 이 결과 저감잠재량이 과다계산될 가능성이 있다. 따라서 기술적 옵션과 정책적 옵션을 분리하여 저감잠재량을 분석하는 것이 필요하다. 그러나 이와 같은 옵션들의 분리가 명확치 않은 속성이 있기 때문에 이를 구분하기 위해 저감잠재량 분석 시 철저한 점검이 요구된다. 이와 같은 점을 고려해 일반적인 방법론은 기술적 옵션만을 중심으로 저감잠재량을 우선 분석하고, 이를 효과적·효율적으로 달성할 수 있는 정책적 수단을 마련한 다음 정책수단 간 포트폴리오를 구성하는 접근을 취한다.

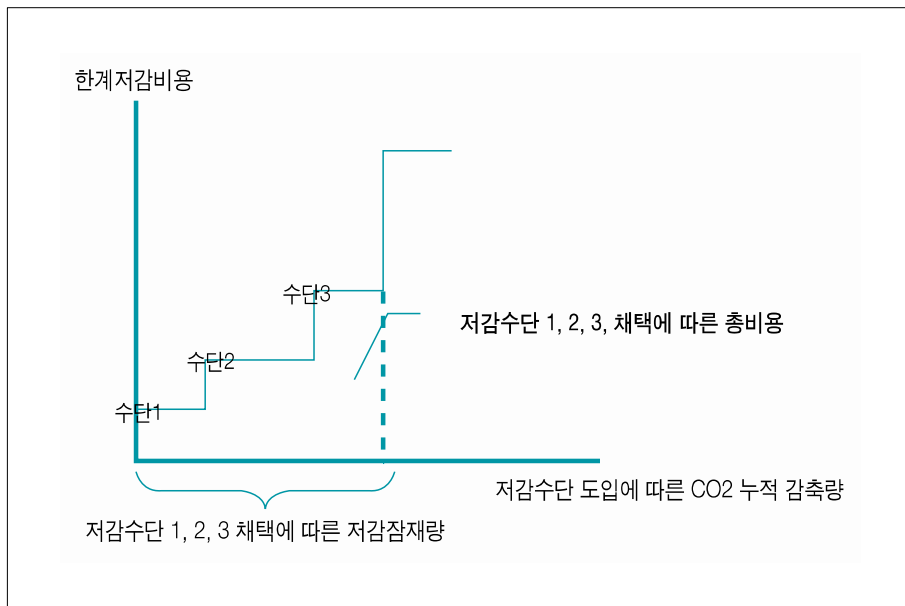
한편, 감축잠재량에는 기술, 제도, 경제적 요인이 복합적으로 내재되어 있기 때문에 예상되는 감축총량 자체보다는 투입비용 단위당 감축할 수 있는 잠재성이 보다 근본적인 판단근거가 되어야 한다. 국가 및 기업 차원에서 에너지(온실가스)는 생산요소 중의 하나이며, 국민소득과 개별기업 이윤을 최대화하기 위한 하나의 변수이기 때문에 국가 전체 또는 전사 차원의 의사결정으로 접근되어야 한다. 따라서 저감잠재성 분석은 본질적으로 투입되는 감축기술에 국가가 추가적으로 요구되는 비용, 즉 한계저감비용(Marginal Abatement Cost: MAC) 관점에서 파악되는 것이 중요하다.

저감잠재성 분석이란 기본적으로 국가나 기업에서 적정 감축목표량의 산정과 저감수단의 우선 순위 선정, 적정 포트폴리오 마련을 위해 실시된다. 예를 들어, 정부 관점에서는 부문 간 저감잠재성 분석을 통해 배출권거래제 도입의 필요성, 도입규모를 판단할 수 있으며, 기타 정책수단과의 관계를 마련할 수 있다. 산업계 입장에서는 배출권거래제 전략 마련에 중요한 근거자료로, 자신들이 직접 수행한 저감잠재성 분석을 활용할 수 있다. 또한 구체적 감축의무가 없을 경우에도, 국가 및 기업 관점에서 각각 효율적 에너지 관리를 위한 기술투자의 우선순위를 파악하는 데 유용하다.

구체적으로, 저감잠재성 분석은 기업 및 국가가 온실가스 감축을 이행하기 위해 어느 정도의 총비용이 요구되는지, 온실가스 감축수단 도입에 따라 요구되는 비용은 얼마인지, 감축수단 도입에 따라 예상되는 감축량을 분석하기 위해 실시된다. 전자는 경제상황 및 산업연관 효과 등에 초점을 맞추어 예상되는 비용을 산정하는 것으로써 하향식(Top Down) 접근이다. 반면 후자는 채택 가능한 에너지기술 등을 구체적으로 고려해 경제적 저감잠재성을 도출하는 것으로 상향식(Bottom Up) 접근이다. 하향식 접근은 주로 정부 측에서 부문별 감축요구량을 산정하는 데 사용되고, 상향식 접근은 특정 기업이나 산업에서 고유의 특성을 중심으로 구체적인 실천행동을 도출하기 위해 사용된다. 바람직한 분석방법은 상향식과 하향식 접근을 통합적으로 운용하여 각 부문의 특성이 반영된 최적의 저감잠재성 결과를 거시경제의 관점에서 동시에 고려하는 것이다.

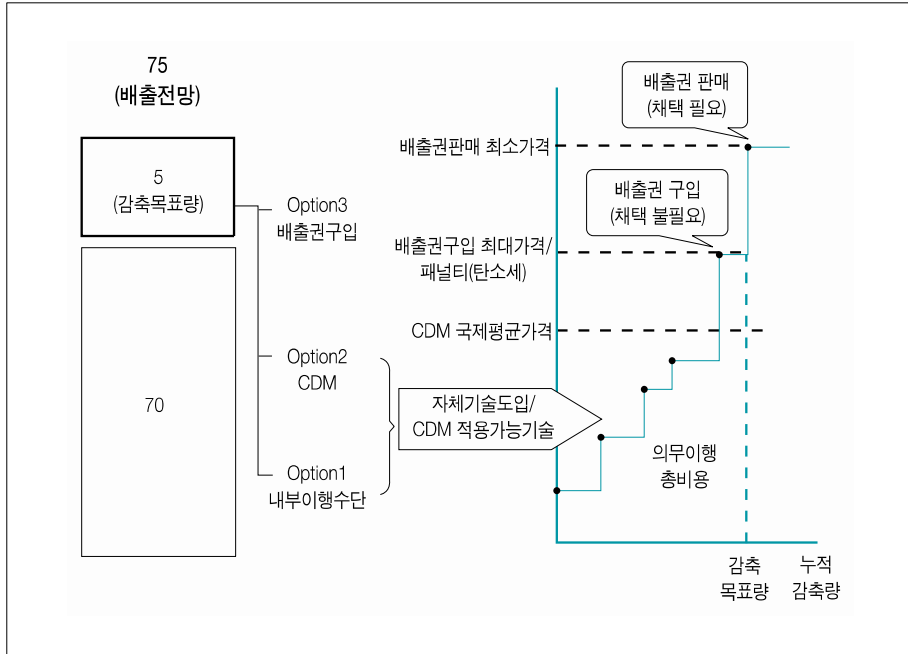
## 2. 저감잠재성 분석의 필요성 및 활용방안

저감잠재성 분석은 궁극적으로 취할 수 있는 저감수단에 기초해 저감수단 도입에 따른 추가적인 비용과 저감효과, 즉 한계저감비용을 도출할 수 있다. 바람직한 저감수단의 도입은 감축목표를 비용 효율적으로 달성할 수 있을 때 의미가 있다. 따라서 가장 저렴한 저감수단부터 도입해야 하는 데 이에 관한 정보를 저감잠재성 분석이 제시할 수 있다. <그림 3-2>는 한계저감비용곡선의 개념을 설명하고 있다.



■ 그림 3-2. 저감잠재성 분석과 한계저감비용

저감수단의 최적 포트폴리오 마련은 궁극적인 온실가스 감축전략이며 저감잠재성 분석에 의해 마련될 수 있다. 이는 저감잠재성 분석결과로 도출되는 한계저감비용에 기초해 배출전망과 저감잠재성, 배출권 시장동향 등을 고려해 결정된다. <그림 3-3>은 이와 같은 저감수단의 포트폴리오 구성방식을 중심으로 한 저감잠재성 분석의 활용방안 사례를 설명하고 있다.



■ 그림 3-3. 저감잠재성 분석결과와 활용방안 사례

예를 들어, 특정 사업장의 배출전망이 75이고 감축목표량 또는 의무량이 5일 경우 감축목표량을 달성하기 위한 방안은 다음과 같이 세 가지로 대별된다. 첫째, 사업장 내부에 적용하기 위해 채택되는 이행수단이며, 둘째, CDM 사업을 통한 배출권 확보, 셋째, 배출권 거래제를 통한 배출권 구입 등이다. 세 가지 수단에 관한 의사결정은 한계저감비용에 근거한 비용최소화 전략에 근거할 수 있다. 즉 투입비용이 낮은 저감수단부터 채택하는 것을 원칙으로 하며, 감축이행을 위한 추가적인 수단 도입 시 상대적인 비용분석을 통해 내부이행과 외부이행 수단을 결정해야 할 것이다.

〈그림 3-3〉과 같이 평균비용이 가장 낮은 첫 번째 수단부터 도입하게 되는데, 추가적인 수단을 도입하면서 CDM 사업과 내부이행수단의 포트폴리오 구성을 해야 한다. 이때 의사결정의 기준은 CDM의 국제평균가격으로서 CDM의 크레딧 가격인 CER을 고려해야 한다. CDM 사업 추진 시 필요한 단위당 비용이 CER 가격보다 낮다면, CDM 사업 추진을 통해 감축실적을 인정받는 동시에 추가 이윤을 얻을 수 있다. 반대로 CDM 사업 추진 시 필요한 단위당 비용이 CER 가격보

다 높다면, CDM 사업은 추진되어서는 안된다. 이와 같은 방식으로 내부이행 수단과 CDM 추진 사업의 포트폴리오가 구성된다. <그림 3-3>의 경우 1~4번째 저감수단까지가 이에 해당된다.

네 번째 저감수단까지 도입해도 감축의무량 달성에는 못 미치게 되는데, 의무량 달성을 위해 다섯 번째 저감수단의 채택 여부를 결정해야 한다. 채택할 경우, 의무감축량 달성은 가능하다. 그러나 다섯 번째 수단 이행을 위한 단위당 추가비용을 감안하는 것이 중요하다. 추가비용이 배출권 거래시장에서 배출권을 구입하는 비용보다 클 경우, 저감수단을 채택하기보다는 의무 이행량에 필요한 부분을 구입하는 것이 경제적이기 때문이다. 반대로 배출권 구입가격이 더 높을 경우에는 저감수단 채택을 통해 의무이행을 하는 것이 바람직하다. 따라서 다섯 번째 저감수단 채택 여부는 배출권 구입을 위해 최대로 지불할 수 있는 가격을 기준으로 결정된다. 이와 같은 접근은 배출권시장 뿐 아니라, 불이행에 따른 탄소세 형태의 패널티 크기와 비교를 통해서도 가능하다. 불이행에 따른 패널티 가격이 저감수단 채택에 소요되는 비용보다 클 경우, 저감수단을 채택하는 것이 경제적이기 때문이다.

다섯 번째 저감수단을 채택하여 감축 의무량을 달성한 경우, 여섯 번째 저감수단을 도입하여 감축 의무량을 초과 달성할 수도 있다. 추가비용을 지불하지만, 배출권 판매에 의한 수익이 추가비용보다 클 경우 온실가스 감축에 의해 수익이 가능하기 때문이다. 따라서 여섯 번째 감축수단의 채택 여부는 배출권 판매를 통해 얻을 수 있는 최소한의 가격을 검토하여 결정하게 된다.

이와 같이 저감잠재성 분석에 의해 사업장 또는 업종, 국가 부문별 한계저감비용 곡선을 도출할 수 있고, 이에 따라 다양한 감축전략을 마련할 수 있다. 이는 잠재성 분석이 단순 기술적 잠재량에 그치는 것이 아니라, 경제적, 탄소시장 요인까지 고려해 온실가스 감축대응에 활용될 수 있음을 의미한다.

### 3. 일반적인 저감잠재성 분석방법론

본 절에서는 저감잠재성 분석을 위해 일반적으로 사용되는 주요 하향식, 상향식 모형을 설명하

였다. 우선 정부기관과 같은 곳에서 주로 사용하는 거시경제 효과를 반영하는 일반연산균형모형을 소개하였다. 이 모형은 대표적인 하향식 모형으로서 국가경제 변수를 모두 고려해 국가의 저감잠재성 분석 및 산업별 감축의무 할당의 기준으로 삼는 대표적 방법이다. 둘째, 에너지 최적화 모형에 대해 EFOM 모형 등 8개를 소개하였다. 에너지 최적화 모형은 이른바, 에너지기술, 환경, 경제를 통합하는 모형으로서 대표적인 상향식 방법론이다. 본 절에서는 주로 모형들을 통해 저감잠재성 분석 시 어떤 메커니즘과 자료를 바탕으로 어떤 결과가 도출되는지, 모형의 장단점은 무엇인지, 어떤 사례에서 활용되었는지 설명하였다.

### 가. 하향식 모형(일반균형모형)

거시경제적 효과분석을 위한 하향식 모형은 에너지 및 온실가스 감축정책의 경제적 효과를 분석하는 데 활용된다. 또한 거시경제 전체를 분석함으로써, 정책효과를 일관되게 분석할 수 있으며, 특정 정책의 피드백 효과까지 고려할 수 있다는 장점이 있다. 하향식 거시경제 효과분석 모형으로서 “일반균형모형(computable general equilibrium model: CGE)”이 있다. CGE 모형은 신 고전학과(Neo-classical) 경제이론에 기초하며, 가격시스템의 신축적 조정에 의해 재화의 공급 및 수요의 균형을 달성하는 모형이다.

#### 1) 모형 개요

일반균형모형(CGE)은 다부문(multi-sector)의 동태적 균형을 추구하는 모형이다. 일반적으로 일국내 경제를 분석하기 위해 사용 중인 일반균형모형은 생산, 소비, 정부, 그리고 투자 부문으로 구성된다. 모형의 구조는 재화와 생산요소의 흐름을 파악하는 것으로 되었으며, 국내에서 생산된 재화는 수출 또는 국내 재화로 공급으로 구성된다. 국내 시장의 총공급은 국내에서 생산된 재화 중에서 국내 재화로 공급된 부분과 수입재화의 합으로 이루어진다. 총수요는 가계 및 정부의 최종 소비와 기업에서 구매하는 중간재화의 합으로 이루어진다. 국내 시장의 총 공급과 총수요는 일치되어 균형을 이루도록 가격 메커니즘이 작용된다. 요소시장 또한 공급과 수요에 의해 임금과

자본 수익율을 매개로 하여 균형에 도달하게 된다. 즉 공급이 수요를 초과하면 가격이 하락하며, 반대로 초과수요가 발생하면 가격이 상승하는 메커니즘을 통해 균형점에 도달한다. 이와 같이 일반균형 모형에서는 생산요소시장, 생산물시장, 해외부문의 균형조건이 충족될 때 일반균형이 성립하게 된다.

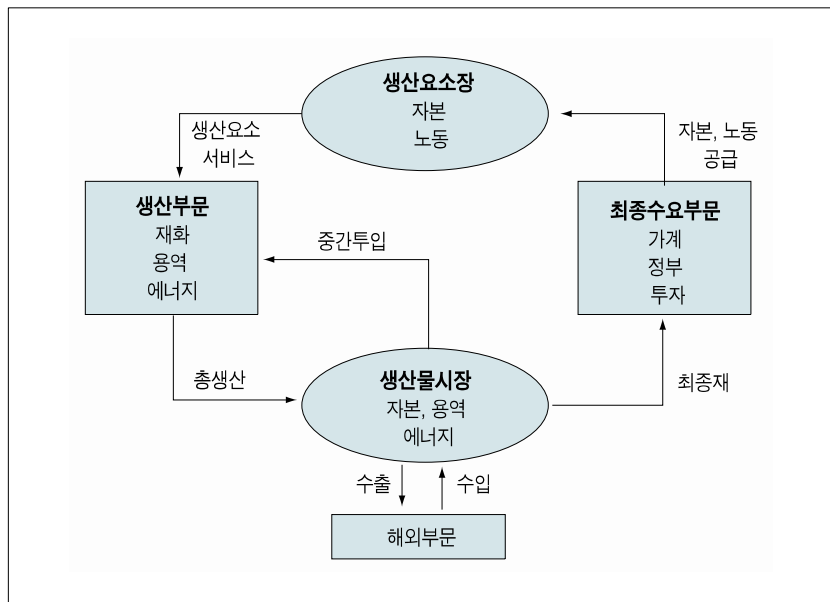


그림 3-4. 일반적인 CGE 모형의 재화 및 생산요소 흐름

## 2) 모형의 구조 및 운용

일반균형모형은 크게 생산부문, 신기술, 소비부문, 투자재화 생산부문, 정부부문, 자본형성 과정과 균형조건, 성장과 기술진보에 대한 가정, 이산화탄소 배출 추정 등의 구조로 이루어져 있다.

생산부문의 부문별 생산량은 중간투입재화와 생산요소를 이용하게 되며, 생산된 재화는 국내의 중간투입재화, 소비재, 투자, 정부소비, 수출로 분배된다고 가정한다. 에너지는 일반적으로 전력과 비전력으로 구분된다. 전력부문은 태양광 및 신원자력 발전기술이 전통적인 발전기술을 대체 가능하며, 비전력부문은 신재생에너지가 전통적 에너지와 대체 가능하다고 가정된다. 그리고 전력



일반균형모형에서 경제 주체들은 근시안적 예측 능력을 가져 미래의 가격변화가 현재의 의사결정에 영향을 주지 않는다고 가정한다. 그리고 외생적으로 주어진 인구, 노동 생산성, 에너지 효율 변화를 바탕으로 매기(every term) 마다 정태적 방법에 의해 균형점들을 구하는 귀납적(recursive or sequential) 연산방법이 사용된다.

### 3) 국내 모형 운용 사례

에너지 수요 및 온실가스 배출 저감의 거시경제적 효과 분석을 위한 하향식(top-down) 모형으로서의 일반균형모형(CGE)은 90년대 후반 에너지경제연구원에서 개발된 이래, “한국의 지구온실가스 배출과 저감정책도입방안 연구 - 연산 가능한 일반균형(CGE) 모형을 이용한 실증분석” (조경엽·권태규, 에너지경제연구원, 1999)에서 활용되었다. 그리고, “Top-Down 모형 구축을 위한 연구: 교토메커니즘 분석을 위한 Global CGE 모형 개발”(에너지경제연구원, 1999년)에서 글로벌 모형으로 확장되어 교토메커니즘의 경제적 파급효과를 분석하였다.<sup>7)</sup> 그리고 최근에는 OECD 환경국에서 개발한 ENV-Linkages를 이용하여 생산, 소비, 무역, 산업구조 변화 등 국가간, 부문 간 상호 작용에 대한 시장 균형 분석을 하는 국내 모형이 이용되고 있다.<sup>8)</sup> 특히, 동 모형은 최근 발표된 국가 온실가스 감축목표 설정<sup>9)</sup> 시 사용된 바 있다.

## 나. 상향식 모형

상향식, 주로 에너지시스템 최적화 모형은 전체 또는 일부 에너지시스템을 대상으로 특정 제약

7) 이외에도 에너지경제연구원을 중심으로 의무부담 시나리오별, 온실가스 저감목표별, 온실가스 저감시나리오별 관점에서 한국경제의 다부문 동태적 일반균형모형을 사용한 분석이 다양하게 수행되었음. 대표적 연구인 기후변화협약의 국내 산업구조 및 국제경쟁력 파급효과(2000), 온실가스 배출저감 정책수단이 제조업의 생산성에 미치는 영향(2004), 온실가스 저감목표에 따른 산업별 파급효과(2005), 기후변화협약 대응을 위한 중장기 정책 및 전략수립에 관한 연구(2006), 개도국의 의무부담 참여범위에 따른 효과(2002), 의무부담 감축목표에 따른 효과(2002), 미국 및 개도국의 참여범위에 따른 효과(2003), 단단계 방식에 의한 의무부담국 확대 효과(2004), 저감목표에 따른 산업별 파급효과 분석(2005)

8) 동 모형을 이용한 연구로는 “국제 온실가스 배출권 거래제도의 파급효과 분석(김용건, 장기복, 2008)”이 있음

9) 2020년 온실가스 배출전망치(BAU) 대비 각각 ① 21% ② 27% ③ 30%를 감축하는 것이며, 이를 2005년 온실가스 배출량(594백만톤CO<sub>2</sub>) 대비 절대기준으로 환산하면, 각각 ① 8% 증가② 동결 ③ 4% 감소에 해당

조건 하에서 목적함수를 최적화하는 동태적 선형계획(Dynamic linear programming) 모형이다. 선형계획 모형은 그 성격상 목적함수와 특별한 제약조건으로 구성되어 있다. 동 모형은 선형성(linearity)이라는 특성상 결과 해석이 용이하며, 다양한 분석이 가능하다는 장점이 있다. 동태적 선형계획 모형은 에너지부문뿐만 아니라 경제 및 환경 요인이 연계되어 분석기간 중의 목적함수(주로, 총비용 최소화)를 최적화하는 균형을 동태적으로 도출한다.

에너지시스템을 최적화하는 대표적 선형계획 모형으로는 MARKAL, EFOM-ENV, ICARUS 및 AIM 등이 국제적으로 널리 이용되고 있으며, 최근에는 최적화 모형간, 또는 최적화 모형과 하향식 모형을 결합하려는 추세이다.

### 1) EFOM-ENV 모형

EFOM-ENV(Energy Flow Optimization Model - Environment) 모형은 주어진 기술, 환경 및 경제적 조건에서 전체 에너지시스템의 총 공급비용을 최소화하는 동시에 외생적으로 주어진 최종에너지 또는 유효에너지 수요를 충족시키기 위한 에너지공급 및 이용기술, 에너지 구성을 최적화하는 동태적 선형계획 모형이다.

#### 가) 모형 구조 및 운용

EFOM-ENV의 모형구조는 크게 에너지/환경 데이터베이스, 최적화 및 리포트 등의 구조로 나누어진다. 에너지/환경 데이터베이스 구축에 필요한 요소는 링크와 노드, 데이터 입력 수단인 모수(parameter)로 구성된다. 링크는 에너지의 공급 및 최종 소비되는 전 과정을 표현하는 기본 수단이며, 노드는 석탄, 석유제품(휘발유, 경유 등), 도시가스, 전력 등 구체적인 에너지원을 표현하는 수단이다. 이러한 링크와 노드 등의 요소를 통해 에너지의 공급과 관련된 기술, 환경, 경제, 경영 등에 관한 비용 자료, 각종 설비 자료, 신기술 도입과 관련된 투자자료 및 유효(최종) 에너지 수요 자료 등 수치와 관련된 실제적인 데이터는 해당 링크에 모수로서 반영된다.

에너지/환경 데이터베이스 구축과 동시에, 에너지수급 시스템에 연구 목적 또는 현실을 감안하여 여러 가지 제약조건을 설정하고, 제약조건하에서 목적함수를 최소화하는 최적화 과정을 수행한

다. EFOM-ENV 모형에서는 ORESTE 프로그램을 통해 데이터베이스의 네트워크 구조, 수리적 속성 및 제약조건 등을 인식하고 최적화를 위한 선형 방정식 체계를 도출한다. 그리고 설정된 목적함수를 최소화하는 해를 구한다. 또한 EFOM-ENV 모형 내의 ORACLE 프로그램을 통해 에너지수급 시스템의 모든 링크에서의 에너지 흐름량, 공정별로 필요한 설비 투자규모, 각 노드별 한계비용 및 평균비용, 총투자비용 등의 결과를 출력하게 된다.

#### ○ 목적함수

총비용(000BCOST)은 기준년도( $T_0$ )로 할인되며 플로우 양( $E$ )에 비례하는 가변비용( $CV$ ), 신규투자설비( $X$ )에 비례하는 고정비용( $CF$ )과 자본비용( $CI$ ), 신규 연구개발 투자설비( $W$ )에 비례하는 연구개발비용( $CR$ ) 등으로 구성된다. 따라서  $T_{0+1}$ 과  $T_p$ (분석말기 년도)년 사이에 발생하는 총비용은 다음 식과 같다.

$$\begin{aligned} 000BCOST &= \sum_{t=T_0+1}^{T_p} [PWF_t \sum_{i=1}^n (CV_{i,t}, E_{i,t}, + CF_{i,t}, X_{i,t}, + CI_{i,t}, X_{i,t}, + CR_{i,t}, W_{i,t})] \end{aligned}$$

$$\text{여기서, } PWF_t = \frac{1}{(1+r)^{t-T_0+1}}$$

EFOM-ENV 모형에서는 여러 가지 비용 파라미터가 있는데, 위 목적함수에서 고려되는 비용들을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 가변비용( $CV$ )은 각 링크의 유출량(outflow)에 비례하는 모든 공정 및 관리비용이다. 만약 해당 링크로 유입(inflow)되는 수송비용이 있는 경우, 가변비용은 이를 포함한 비용이다. 고정비용( $CF$ )은 설비의 수명기간 동안 설비증가에 따라 지출되는 운전비용의 총합이다. 따라서 고정비용은 투자 자본비용을 포함하지 않는다. 반면 투자비용( $CI$ )은 설비에 대한 총 투자비용이다. 연구개발비용( $CR$ )은 신기술 도입 시 연구, 개발에 필요한 비용이다.

한편 EFOM-ENV 모형에서는 분석기간을 소구간으로 구분할 수 있다. 즉 총 기간  $(T_0 - T_p)$ 을  $(T_0 - T_1)$ ,  $(T_1 - T_2)$ ,  $(T_{p-1} - T_p)$ 과 같이  $P$ 개의 소구간으로 구분하여 분석이 가능하다. 따라서 위의 목적함수 식은 다음과 같이된다. 식에서  $CV^*$ ,  $CF^*$ ,  $CI^*$ ,  $CR^*$ 는 위 목적함수에서 각 기간의 현재가치를 고려하여 산출된다.

$$000BCOST = \sum_{p=1}^p \sum_{i=1}^n (CV_{i,p}^* E_{i,p} + (CF_{i,p}^* + CI_{i,p}^*) X_{ip} + CR_{ip}^* W_{i,p})$$

○ 제약조건

선형계획을 수행하기 위해서는 선형계획코드에 부합되는 행렬연산이 이루어져야 한다. EFOM-ENV 모형에서 이 연산은 ORESTE에서 이루어지며 다음의 다양한 제약식들을 부여할 수 있다.

- 플로우균형 제약식(Flow Balance Equations at network nodes)

○ 비제약노드

$$\sum_{i \in JI_{kp}} E_{ip} = \sum_{i \in JO_{kp}} \frac{E_{jp}}{\eta_{jp}}$$

노드  $k$ 로 유입되는 플로우 총량은 총효율을 고려한 유출량의 합과 항상 일치한다는 의미이다. 그러나 노드가 최종수요이거나 자원일 때, 링크가 부수적 수요 (Ancillary Demand)와 부산물공급 (By-Product Supply)일 때는 예외이다. 부수적 수요량과 부산물 공급량은 내생적으로 결정되는데 이와 같은 에너지량 수급에 제약을 가하는 것이다.

○ 부산물 공급링크(By-Product Supply Link)

$$\sum_{j \in JBYP_{XXX}} BYP-XXX_{ip} \geq E_{jp}$$

- 시장배분(market allocation) 제약노드

$$E_{ip} = \alpha_{ip} \sum_{j \in JO_k} \frac{E_{jp}}{\eta_{jp}} \quad \forall i \in JI_{kp}$$

$$E_{ip} = \underline{\alpha}_{ip} \sum_{j \in JO_k} \frac{E_{jp}}{\eta_{jp}} \quad \forall i \in JI_{kp}$$

$$E_{ip} = \overline{\alpha}_{ip} \sum_{j \in JO_k} \frac{E_{jp}}{\eta_{jp}} \quad \forall i \in JI_{kp}$$

시장배분제약은 노드로 유입되는 에너지량에 관한 제약이며, 위의 식은 시장배분이  $\alpha$ 인 경우와 하한과 상한의 시장배분을 각각 나타낸다.

- 생산배분(product allocation) 제약노드

$$\frac{E_{jp}}{\eta_{jp}} = \beta_{jp} \sum_{i \in JI_{kp}} E_{ip} \quad \forall i \in JO_{kp} \quad \frac{E_{jp}}{\eta_{jp}} = \overline{\beta}_{jp} \sum_{i \in JI_{kp}} E_{ip} \quad \forall i \in JO_{kp}$$

생산배분제약은 노드로 유출되는 에너지량에 관한 제약이며, 위의 식은 생산배분이  $\beta$ 인 경우와 하한과 상한의 생산배분을 각각 나타낸다. 물론 한 노드에 대해 시장배분과 생산배분 제약을 동시에 고려할 수 있다.

- 플로우 용량 제약식 (Flow Bounds Constraints)

$$E_{ip} = FLOW-FIX_{ip}$$

$$E_{ip} \geq FLOW-MIN_{ip}$$

$$E_{ip} \leq FLOW-MAX_{ip}$$

예를 들어, 원유수입량에 대한 정책적인 이유나 수력발전용량에 따른 수량제약 등을 고려할 때 플로우량에 대한 범위제약식이 이용된다. 제약방식은 고정된 플로우량과 플로우량의 하한 및 상한이 가능하다.

- 플로우량 제약식(Flow Capacity Constraints)

$$E_{ip} \leq AVAI - FAC_{ip} (CAPA - RES_{ip} + SUM - ADCAP_{ip})$$

$$CAP_{ip} = CAPA - RES_{ip} + SUM - ADCSP_{ip}$$

이 제약식은 설비에 대한 투자비용이 있을 때, 플로우와 총용량의 관계를 나타낸다. 총설비용량 ( $CAP_{ip}$ )은 기존의 설비량( $CAPA - RES_{ip}$ )과 소구간  $p$ 에서 투자된 추가적인 설비량 ( $SUM - ADCAP_{ip}$ )으로 구성되며, 설비에 의한 유출량은 해당 유효공정( $AVAI - FAC_{ip}$ ) 파라미터에 의해 결정된다.

- 설비용량 제약식(Capacity Bounds Constraints)

$$CAP_{ip} = CAPA - INS_{ip}$$

$$CAP_{ip} \geq CAPA - MIN_{ip}$$

$$CAP_{ip} \leq CAPA - MAX_{ip}$$

소구간 내에서 특정 링크  $i$ 에 존재하는 총설비용량에 대한 제약은 고정된 설비변수 및 상하한의 설비변수로 각각 정의된다. 만약, 고정 및 상한의 설비변수가 기존의 설비량에 비해 작을 경우에 신규투자설비량( $X_i$ )은 0으로 처리되며, 하한의 설비 변수값이 기존의 설비량보다 작을 경우에는 하한제약식이 실행되지 않는다.

- 신기술 제약(New Technologies Constraints)

$$E_{ip} \leq AVAI-FAC_{ip} (CAP_{ip} + RDCAP_{ip})$$

위 식은 신기술의 플로우 제약식을 나타내는데  $CAP_{ip}$ 는 추가적인 설비용량까지를 포함하는 총설비용량이며,  $RDCAP_{ip}$ 는 연구개발을 위한 설비투자를 의미한다.

○ 외생제약(Exogenous Constraints Manually Generated)

EFOM-ENV에서는 추가적인 사회적, 환경적 파급효과를 분석하는 연구목적에 따라 외생적으로 제약조건을 가할 수 있다. 이와 같은 제약조건에서는 각 링크의 관심 있는 변수의 계수가 링크 플로우들의 선형조합으로 고려된다. 제약조건을 위해서는 우측항의 값과 제약식의 부호를 결정해 주어야 한다. 일례로 이산화탄소의 상한값을 고려하는 제약을 외생적으로 가해주는 방법은 다음과 같다.

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P PARA_{ip} E_{ip} \text{ 'sign' } RHS$$

$$\sum_{i=1}^N \sum_{p=1}^P CO_2 - AIR_{ip} E_{ip} \leq MAX - CO_2$$

○ 부문별제약(Sector Constraints)

외생적으로 주는 또 다른 제약식으로서 부문별제약이 있다. 이 제약을 고려하기 위해서는 링크 그룹별로 분석목적에 부합되도록 부문을 정의하고 부문의 명칭을 정해 주어야 한다. 이와 같은 부문별 제약을 통해 각 부문의 플로우량, 설비능력, 가변비용, 투자비용, 총할인비용함수뿐 아니라 이러한 제약들 간의 선형결합까지 파악이 가능하다.

○ 계절 플로우 링크의 제약 (Seasonal Flow Constraints)

네트워크 플로우 모형은 연간 분석결과만을 제시해 준다. 따라서 플로우가 연내 중에서도 계절

별로 플로우량이 심하게 변하는 경우에 필요한 설비용량의 정확한 결정이 어렵다. 특히, 계절별로 에너지흐름의 크기가 심한 전력의 경우에 이와 같은 문제가 제기된다. 이런 문제를 해결해 주는 것이 계절 플로우 링크(Psi-Load Link)의 제약식인데, 관련 노드와 교차하는 에너지의 연간 플로우를 계절별로 구분하여 분석한다.

#### 나) 결정변수

EFOM-ENV 모형운용의 결과 모형내 에서 결정되는 내생변수들의 값은 에너지 흐름량(네트워크 각 링크의 플로우량), 에너지 신규 투자설비량, 신규 R&D 투자설비량, 각 노드별 한계비용 및 평균비용, 투자비용 및 고정비용 등이다.

#### 다) 모형 활용 범위 및 장단점

EFOM-ENV 모형은 외생적으로 주어진 증장기 에너지 수요를 충족시킬 수 있도록 에너지의 생산, 전환, 이용 과정에서 사용 가능한 기술적 수단을 중심으로 대안을 개발할 수 있다. 또한 요구되는 에너지 공급을 위해 현행 시설능력 및 개발 가능한 기술을 고려한 투자계획을 분석할 수 있으며, 에너지 관련 조세제도의 효과분석도 가능하다. 이와 같은 분석은 다양한 기술옵션에 대한 잠재가격(Shadow price)에 기초한다. 잠재가격의 도출을 통해 경쟁적인 신규 기술개발을 유도할 수 있는 에너지의 가격 수준을 평가할 수 있으며, 대기오염 배출가스 저감기술에 대한 에너지가격의 효과 분석도 가능하다. 즉, 저감기술을 적용했을 때의 배출 저감량, 배출 저감 비용 등에 대한 분석을 통해 비용 효과적인 에너지 절약 및 온실가스 저감 전략의 수립이 가능하다.

EFOM-ENV 모형의 장점은 에너지, 기술, 경제 및 환경 측면 등 연구목적에 따라 다양한 형태의 분석이 가능하다는 것이다. 즉 온실가스 저감수단에 대한 저감비용 수준, 투자규모, 연구개발 투자규모 등 국가 또는 기업의 기후변화협약 대책수립에 필요한 정보를 제공해 줄 수 있다. 그러나 이 같은 모형운영의 장점을 최대한 살리기 위해서는 방대한 규모의 데이터베이스의 구축이 필수적으로 요구된다. 또한 유효(최종)에너지 또는 최종제품 수요 등 여러 외생변수가 입력되어야

하므로 동 모형을 통해 유용한 분석결과를 얻기 위해서는 다른 모형과의 연계가 필요하다. 한편 모형의 수리적 구조인 선형계획법의 특성상 제약을 주어야 할 에너지 공급 및 이용기술(수단)들에 제약이 가해지지 않을 경우 비현실적인 결과가 도출될 수 있는 위험성도 존재한다.

#### 라) 적용사례

EFOM-ENV 모형의 대표적인 국내의 운용 사례를 보면, 프랑스 CEA(Commissariat d'Énergie Atomique)에서 EFOM-12C를 활용하여 수소를 이용한 신기술 도입과 시장 침투력에 대한 연구를 한 바 있으며(1983년), 유럽위원회에서는 “에너지시나리오 2000” 프로젝트를 통하여 EFOM-ENV 모형의 활용도를 더욱 확대시킨 바 있다. 국내에서는 “아시아 지역 온실가스 최소비용 저감전략(Asia Least-cost Greenhouse Gas Abatement Strategy: ALGAS)” 프로젝트(에너지경제연구원, 1997년)와, “기후변화협약 대응 실천계획 수립을 위한 연구”(에너지경제연구원, 1999년)에서 EFOM-ENV 모형을 운용하여 국내 온실가스 저감수단의 한계저감비용 및 기술별 저감효과를 분석한 바 있다. 또한 “EFOM-ENV 모형 개선 및 수송부문 사례 분석 연구”(최병렬, 에너지경제연구원, 2002년)에서는 국가에너지 시스템의 한 부분인 수송부문 분석을 위해 EFOM-ENV 모형을 세분화하여 개선하였다. 그러나 동 모형 개발자(업체)에서 모형개발이 계속 이루어지지 않는 등의 이유로 구체적 최근 연구사례는 찾기 어려운 상태이다.

## 2) MARKAL 모형

MARKAL(MARKet ALlocation) 모형은 국가(또는 지역, 도시) 에너지 시스템을 에너지의 수송, 전환, 사용과 같은 전형적인 에너지 기술의 집합으로써 분석하는 모형이다. 본 모형은 기본적으로 중장기적으로 에너지 기술의 선택, 오염원 배출제약, 기타 에너지 정책 대안 도출 등을 위하여 최소비용의 에너지-환경시스템을 계획하는 모형으로서, 운용 형태 측면에서 EFOM-ENV와 매우 유사하다고 볼 수 있으며, 최근 상향식 모형으로서 주로 이용되고 있다.

### 가) 모형 구조 및 운용

MARKAL 모형은 최종수요를 바탕으로 한 에너지시스템의 다주기선형 계획모형(Multi-Time Period Linear Programming Model)으로서, 선형의 다목적함수(Multiple Linear Objective Functions)와 제약식을 갖고 있다. 예를 들어, 목적함수와 제약식은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} \min \quad & Z = \sum_{j=1}^n C_j X_j \\ \text{s.t.} \quad & \sum_{j=1}^n a_{ij} X_j \leq (\text{or } \geq) b_i \quad i = 1, 2, \dots, m \\ & u_j \geq x_j \geq I_j \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, n \end{aligned}$$

여기서,

$C_j, \alpha_{ij}$  : 목적함수와 제약조건에서의 계수

$b_i$  : 제약식의 계수 및 상수의 값으로 사용자가 임의로 입력

$x_j$  : 해로서 구하고자 하는 값

### 나) 모형 활용 범위

동 모형은 에너지 시스템에서 에너지 흐름과 사용 기술간의 관계를 분석하여, 기술의 환경영향과 신기술의 도입 효과를 분석하는데 유용하게 활용될 수 있다. 또한 동 모형은 신기술의 조사 및 평가, 투자에 대한 회수기간 분석, 국가의 특정 목적을 위한 에너지기술 시스템 구축계획에 대한 분석, 기술개발계획 및 투자비용 분석에 활용될 있다. 탄소세와 같은 환경규제 정책의 분석, 온실가스 배출 저감을 위한 비용 효과적인 정책의 분석에도 활용될 수 있다.

### 다) 모형 적용사례

국내적으로 동 모형이 사용된 사례를 보면 다음과 같다. “지구환경을 고려한 에너지자원 기술정

책 방향”(에너지기술연구소, 1998년)에서는 MARKAL 모형을 통하여 각 기술정책에 대한 시나리오별 효과를 통합적으로 분석하여 그 효과를 비교하였다. 그리고 “비용최소화와 환경영향을 고려한 철강기술 평가에 관한 연구 : MARKAL 모형의 응용”(에너지공학회, 1997년) 및 “MARKAL 모형을 이용한 석유화학기술 평가 모듈 개발에 관한 연구”(에너지공학회, 1998년)에서는 제조업의 세부 업종별 기술평가 분석에 동 모형을 활용하여 업종별 주요 기술에 대한 기술적, 비용적 측면에 대한 분석이 시도되었다. 최근에는 동 모형을 이용해 시멘트, 정유 등 산업부문의 온실가스 감축잠재량 및 한계비용을 분석하고 있다<sup>10)</sup>. 또한 최근 국가 온실가스 감축목표 설정안(2009.8) 마련 시 상향식 접근으로서 동 모형이 이용된 바 있다.

### 3) MARKAL-MACRO 모형

MARKAL-MACRO 모형은 기술 중심의 상향식 모형인 MARKAL 모형에 하향식의 거시경제적 모형을 결합하여 구성된다. 동 모형은 경제, 에너지, 환경을 통합적으로 분석하고 계획할 목적으로 주로 이용되고 있다.

#### 가) 모형구조 및 운용

MARKAL-MACRO 모형은 수요, 공급, 수급균형, 그리고 자원부문에 대한 분석으로 구분된다. 수요분석은 최종 사용의 각 부문별 최적 수준을 결정하는 것을 목적으로 분석한다. 공급분석은 다양한 열량과 전력의 산출물을 중심으로 분석을 수행하며, 수급균형분석은 최적화를 통한 균형을 도출하고, 자원부문의 분석은 재생 가능 자원과 고갈자원으로 구분하여 분석을 수행하게 된다. 동 모형은 최소한의 자료를 요구하며, 자체 모형을 통해 필요한 자료를 생성, 활용할 수 있는 신축성과 함께, 물질과 제품한 입과 관련된 상세한 경제부문에 대해서도 자료의 다양한 교체가 가능하다는 장점이 있다.

10) 산업부문 온실가스 감축 및 에너지절약 잠재량 추정 : 시멘트산업 (2005, 에너지경제연구원), 산업부문 온실가스 감축 및 에너지절약 잠재량 추정 : 정유산업 (2006, 에너지경제연구원)

MARKAL-MACRO는 에너지부문을 중심으로 상세하게 다루는 MARKAL 모형에 경제 전반에 걸친 거시부문을 결합하여 구성된다. 효용은 거시모형내에서 최적화되고 제약하에서 투입 자본, 노동, 에너지 투입량이 결정된다. 동 모형에서 요구되는 자료는 ① 기준년도의 에너지 밸런스 ② 기준년도의 GDP와 (잠재)GDP 성장률 전망 ③ 기준년도 에너지시스템 비용 ④ 에너지 수요와 연관된 부문별 GDP 구성요인 분석 ⑤ 기준년도 에너지 가격과 에너지 전망 ⑥에너지 기술: 전반적인 효율성, 연료 투입(혼합), 비용 등 ⑦ 선택사항: 수요기술, 시간과 같은 가용한 요소, 환경계수, 시간 의존도 등이다.

#### 나) 적용사례

MARKAL-MACRO 모형은 세계에너지기구(IEA) 회원국인 미국, 스웨덴, 스위스, 네덜란드 등 많은 국가가 1995년 이래 많이 활용하고 있다. 특히, MARKAL-MACRO 모형은 미국 에너지국(DOE)의 에너지 전략개발을 위한 최소비용 산정을 위한 모형으로 활용되기도 하였다.

### 4) ICARUS 모형

ICARUS 모형은 네덜란드 유티레히트(Utrecht) 대학교에서 1990년에 개발하여, 수차례의 개선과정을 통해 1994년에 ICARUS-3가 발표되었으며, 네덜란드 정부의 주도하에 지속적인 개선이 이어지고 있다. 동 모형은 에너지 소비구조, 에너지 절약기술, 이에 관련된 투자와 비용, 온실가스 배출 등에 관한 자료로 구성된 데이터베이스를 이용하여 에너지 절약투자 및 절약시책의 영향을 분석하고, 이에 따른 에너지 절약과 온실가스 배출저감 잠재량을 추정하는 모형이다.

#### 가) 모형 구조 및 운용

동 모형은 다음과 같은 방식에 의해 에너지절약 잠재량을 추정한다. 최종소비 및 공정별로 목표년도에 도입 가능한 에너지 효율 향상 기술들을 파악하고 투자, 운영 및 보수비용을 감안한 에너지수요 감소분들을 합산하여 업종별, 경제부문별 그리고 국가 전체적인 에너지 절약 잠재량을 추정한다. 에너지 효율 향상기술은 ① 단열이나 열회수와 같은 최종소비의 효율 개선 ②열병합

발전과 같은 효율적인 에너지 전환 ③재생에너지 사용과 같이 에너지 서비스 수준에 영향을 주지 않으면서 화석연료의 소비를 줄이는 시책으로 정의되고 있다. 그리고 산업 및 경제부문을 분류하고 각 부문을 다시 최종 소비와 공정으로 분할하여 분석 목표년도까지 도입 가능한 에너지 절약 기술을 경제부문별, 산업별로 결정한다.

동 모형에서 에너지 절약 잠재량을 추정하기 위한 자료수집 및 분석단계는 다음과 같다. 먼저 기준년도의 통계자료를 수집하고 경제부문별, 업종별 에너지 수급밸런스를 작성한다. 다음으로 최종소비 부문별로 사용 가능한 에너지 기술을 파악하여 현재 사용되고 있는 기술의 규모와 각 기술의 물리적 에너지 효율지표에 관한 자료를 수집한다. 이와 함께, 최종소비부문별로 상업적 이용이 가능한 에너지효율 기술에 대한 목록을 작성한다. 동시에 최종소비부문별로 현재까지는 상업화되지 않았지만 장래에 상업화될 에너지기술에 대한 정보를 수집한다. 그리고 시범 설비, 보급 촉진을 위한 시범 프로젝트의 결과를 분석함으로써 에너지효율 기술의 보급률을 추정한다. 여기서 사전에 설정한 경제부문별, 업종별 경제성장 시나리오를 감안하여 에너지원별 에너지절약 잠재량을 추정하고, 1차 에너지 기준으로 환산된 에너지절약 단위당 비용을 계산한다.

#### 나) 모형 활용과 한계

동 모형은 에너지 효율 향상기술 도입을 통한 기술적 에너지 절약 잠재량 추정에 매우 효과적이다. 반면 동 모형에서 추정된 에너지 절약 및 온실가스 감축잠재량은 효율적인 기술도입에 장애가 되는 경제적, 사회적 및 기타 요인을 고려하지 않고 있기 때문에 실제로 온실가스 감축이 어느 정도 달성될 수 있는 것인지 예측이 어렵다는 단점이 있다.

#### 다) 모형 적용사례

ICARUS 모형을 이용한 에너지 시스템 분석의 국내적 사례는 아직 부재한 것으로 파악된다. 그러나 네덜란드에서는 “The Potential for Energy Conservation in the Netherlands up to the Year 2000 and 2015 (University of Utrecht, Dept. of Science, Technology and Society, Utrecht, 1994, October)”를 통해 1990년을 기준연도로 하여 450여 개의 에너지 절약

기술 및 시책을 도입했을 때, 2015년 네덜란드의 기술적 에너지 저감량을 추정하는 등 정부 차원에서 동 모형을 운영한 바 있다.

## 5) AIM 모형

AIM 모형은 일본국립환경연구소에서 구축한 “AIM(Asia-Pacific Integrated Model for Evaluating Policy Options to Reduce GHG Emission and Global Warming Impacts)”에서 시작되었으며, 국내에서는 일본의 AIM을 우리나라에 적용하여 AIM-KOREA 모형이 개발되었다. AIM-KOREA는 이후 여러 차례의 개선과정을 거치면서 기술선택, 에너지 효율, 에너지 서비스 수요, 관련 사회·경제적 변수, 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량의 변수관계를 시물레이션할 수 있는 “최종에너지 소비모형(Energy End-use Model)”으로 확립되었다.

### 가) 모형 구조 및 운용

AIM-KOREA 모형의 구조는 에너지 서비스량 산출, 에너지 효율 산출, 기술선택, 최적화 계산 등의 4개 모듈로 구성되어 있다. 에너지 서비스량 산출모듈은 에너지 소비량을 각종 수요(에너지 서비스)별로 산정하는 작업을 수행하며, 에너지 효율 산출모듈은 에너지 효율 개선 정도를 산정하게 된다. 그리고 여러 에너지 절약 기술 중 가장 비용효과적인 기술선택을 결정하는 과정은 기술선택 모듈을 통해 이루어진다.

이상의 세 가지 모듈을 통합해 부분적인 최적화를 수행하는 모듈이 최적화 모듈이다. 모형 운용의 과정은 먼저, 에너지 서비스 수요를 인구, 경제성장, 산업구조, 생활형태 등을 고려하여 결정하게 되고, 에너지 서비스 수요를 제공하기 위해 어떤 에너지기술이 얼마나 사용되는가를 계산하게 된다. 그리고 사용될 에너지 기술이 결정되면 필요한 에너지 서비스를 제공하기 위해 사용되는 에너지와 개별 에너지 기술이 가동할 때에 배출되는 이산화탄소 배출량을 계산한다. 이와 함께, 고효율기기에 대한 기술선택, 에너지 효율, 에너지 서비스 수요, 관련 사회·경제적 변수, 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량과의 관계를 시물레이션한다.

#### 나) 모형 활용 범위 및 장단점

동 모형은 에너지 가격변화에 의한 기술대체와 이에 따른 에너지 소비량 변화를 산정하여 이산화탄소 배출량을 추정한다. 따라서 이산화탄소 배출저감을 위한 개별 정책의 유효성 평가에 효과적이라 할 수 있다. 이러한 상향식 모형의 특성상 경제/사회의 변화 및 신기술 및 기존 기술의 경제성 등 변화에 대한 시뮬레이션 분석이 가능할 뿐만 아니라 에너지 수요모형에 에너지 및 기존 선택들을 연결시켜 분석함으로써, 개별 기술의 시장성정도와 에너지 효율개선의 효과에 대한 예측 역시 가능하다. 그러나 기술 선택 시 제도적 장애요인 등을 고려하지 않으므로 개별 기술선택에 의한 이산화탄소 배출 저감량을 과대평가할 가능성이 있고, 현재 실용화되지 않은 기술은 대상으로 하지 않으므로 전체적인 이산화탄소배출 저감량이 과소평가될 가능성도 있다.

#### 다) 모형 적용사례

일본국립환경연구소에서는 1990년부터 AIM모형 개발을 시작하여 1993년에 구축을 완료하였다. 이와 같은 작업을 통해, 일본 내의 온실가스 저감 잠재량 및 저감 비용 평가를 통해 신기술의 적용 및 저감수단에 대하여 평가하고 에너지 절약기술 등의 개별 대책기술을 보급시키기 위한 경제적 수단의 효과를 분석하였다. 우리나라 적용 사례를 보면 “기후변화협약 대응 실천계획 수립을 위한 연구(제2차년도)”(에너지경제연구원, 1998년)에서 AIM-KOREA이 운용되었다. 동 연구를 통해 AIM의 에너지소비 모듈을 발전시켜 기술선택, 에너지 효율, 에너지 서비스 수요, 사회경제적 변수, 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량의 변수관계를 우리나라에 적용 가능한 형태로 변형시켜 AIM-KOREA가 구축되었다. 현재 국립환경과학원에서는 동 모형을 이용하기 위해 모형구축 중에 있다.

#### 6) LEAP 모형

1997년 네덜란드 외무성을 중심으로 EDRC(남부 아프리카), WDRC(서부 아프리카), ETC(유럽), FAO-RWEDP(아시아), IDEE(남미) 등 5개 지역의 연구기관이 공동 작업을 통해

안정적이며, 신뢰할 수 있는 에너지 공백의 최소화, 에너지 효율의 증대, 자본투자의 유치 촉진, 지역발전, 그리고 다양한 이해관계자의 관심 충족 등 경제적·환경적, 그리고 사회적 목적을 동시에 달성할 수 있도록 에너지의 역할을 위해 지속 가능한 에너지 모형으로 LEAP (long-range energy alternatives planning)을 개발하였다. LEAP 모형은 지역과 국가 차원 등 지역에너지의 온실가스 배출저감량에 대한 평가와 지속 가능한 에너지 분석, 그리고 전문가 훈련에 활용 등 다방면에 활용되고 있다.

#### 가) 모형 구조 및 운용

LEAP 모형은 시나리오를 바탕으로 하는 에너지-환경 모형이라고 할 수 있다. 시나리오의 구성은 지방 또는 국가 등 해당지역의 인구, 경제발전 수준, 기술정도, 가격 등 주어진 여건에서의 에너지 사용, 전환, 생산에 바탕을 두어 구성된다<sup>11)</sup>. 다른 거시적 모형의 경우, 에너지 정책이 국민총생산, 고용 등에 미치는 거시적 영향을 중심으로 분석하였다면, LEAP 모형은 이와 같은 분석을 시도하지는 않는다. 또한 LEAP 모형이 최적수준을 자동적으로 산출하지는 못하지만 최소비용 시나리오 (least-cost scenario)를 도출하는 데 많이 사용되고 있다. 따라서 LEAP 모형 운영의 가장 큰, 장점은 모형 자체의 신속적 운영이 점이라고 할 수 있다. 따라서 LEAP 모형은 의사결정과정에서 복잡한 모형을 분석함으로써, 초래할 수 있는 시간 낭비를 줄이고 정책 아이디어로부터 정책분석에 이르기까지 신속한 결정이 가능하다는 점에서 많이 활용되고 있다. 특히 ‘LEAP 2000’은 온실가스 저감활동과 함께 투자는 물론 운영 및 유지비, 연료비용과 같은 모든 비용을 분석하고 추적하는데 유용하다. 또한 세금 또는 배출량 거래와 관련된 비용 등 간접비용의 파악도 가능하다.

11) 상세한 모형 구조는 “Modeling General Equilibrium Problem ([www.forums.seib.org/leap/](http://www.forums.seib.org/leap/))” 매뉴얼을 참조. 또한 최근 버전인 LEAP 2000과 사용자 매뉴얼은 Tellus 웹사이트인 [www.tellus.org/seib/leap](http://www.tellus.org/seib/leap)에서 다운로드 가능함

#### 나) 모형 활용의 한계

LEAP 모형은 앞서 살펴 본 바와 같이, 거시적 모형이 아닌 시나리오를 근간으로 분석 하게 됨으로써, 에너지 정책 또는 에너지 거시지표의 변화가 국민총생산 또는 실업과 같은 거시경제 지표에 미치는 영향을 파악하기에는 한계가 있다. 또한 분석의 편리성과 유연성은 다른 모형에 비해 높은 것으로 평가되며, 시각적인 분석 등 사용자 편의를 최대한 살렸다는 점에서 많이 사용되고 있으나, 시나리오 구성을 근간으로 분석을 수행함으로써, 고려하지 못한 시나리오에 대한 분석 결과는 기대할 수 없다는 한계점이 있다.

#### 다) 적용사례

인도네시아 정부는 네덜란드 정부의 도움을 얻어 Energy Planning Capacity Building을 위해 LEAP 모형분석을 수행하고 있으며, 2010년 Energy Outlook의 에너지와 광물자원부문에 서 LEAP 모형에 대한 소개가 추진될 예정이다. 특히, 양국간의 협력과정에서 LEAP 모형은 지역에너지계획(regional energy planning)의 가능성을 강화하는 데 사용되고 있다. LEAP 모형은 이미 인도네시아 리아우, 수마트라 남부 지역에 대해 에너지 분석을 수행하고 있으며, 조만간 술라웨시 북부, 그리고 누사-탕가라 서부지역에서 분석을 수행할 예정이다. 이는 지역별 에너지계획을 분석하고 수행하여 지역의 에너지계획의 가능성을 강화시키고 해당 지역의 에너지 마스터플랜으로 발전되며, 결국 한 국가 에너지 마스터플랜으로 통합, 관리하게 된다.

## 4. 국가 온실가스 저감잠재성 분석 연구 현황 및 과제

### 가. 연구현황 및 체계

그 동안 우리나라 저감잠재성 분석은 부문별로 다양하게 수행되었다. 그러나 우리나라를 대표하는 전체 부문별 분석은 2008년(국무총리실)부터 수행된 것으로 평가된다. 동 연구에서는 경제성장, 고유가 등을 고려한 우리나라의 부문별 온실가스 감축 기술적 잠재량을 시나리오별로 분석하

고, 이를 종합하여 부문 간 감축 잠재량을 종합적으로 파악하였다. 즉 2050년까지의 장기적 국가 감축 잠재량을 제시하고, 향후 국가 감축목표 설정 및 감축전략 수립의 근거자료로 활용할 목적으로 수행되었다. 2008년 연구를 기초로 금년 2009년(녹색성장위원회)에는 지금까지 국가 저감잠재성 분석 중 가장 집대성된 접근으로 2030년 중기 국가감축 목표 설정 시나리오를 마련한 것으로 평가된다<sup>12)</sup>.

국가 온실가스 저감잠재성 분석은 그 동안 부문별로 각 부처 및 연구기관에서 분석한 감축잠재량 및 감축목표 등 기존 자료를 토대로 검증·조정하는 방식으로 진행되었다. 일반적으로 분석은 다음의 과정 내용으로 추진된다.

- 온실가스 배출 전망 및 감축 시나리오 기본 전제 마련
  - 전망의 전제 변수로서 기준년도, 경제성장률, 인구증가율, 산업구조 변화 등 온실가스 배출 전망에 필요한 전제 값을 검토
  - 특히, 전제조건 중 유가 및 성장률 전망 등 불확실성이 높은 경우는 시나리오분석 (예: 고성장 및 기준유가, 평균성장 및 고유가 등)
- 부문별 가이드라인 마련
  - 부문별 적용되는 주요지표 마련(예: 수송원별 운행거리당 배출량, 부가가치 대비 배출량 등)
  - 부문별 배출전망, 감축옵션(개요, 도입기간, 감축효과, 정책비용 등), 저감잠재성(분석방법론, 가정) 등에 관한 접근방향 마련
- 상향식 모형 등을 이용한 부문별 온실가스 배출 전망 및 감축옵션 면밀 검토
  - 각 부문별 제시된 감축수단의 검토 및 재조정(감축수단 간 중복성, BAU와의 중복성 등)

12) 두 가지 연구 모두 공식적으로 대외비인 관계로 상세한 접근방법 및 연구결과를 제시하기 어려운 상황임

- 부문별로 분석된 온실가스 감축잠재량을 종합하고, 하향식 분석으로 국가 잠재량 도출
- 국가 온실가스 감축방안 설정방법 및 시나리오 분석으로 비용 효율적이고 합리적인 국가 감축방안(일정·대안 등) 마련

#### 나. 배출전망(BAU) 개요 및 접근방법

저감잠재성 분석 시 쟁점이 될 수 있는 요인 중 하나는 BAU 설정에 관한 문제이다. 기술적 감축옵션을 고려해 저감잠재성을 분석할 때, 감축옵션을 채택하지 않았을 경우(BAU)와 비교해 감축잠재량이 이해되어야 하기 때문이다.

온실가스 배출 전망을 위해 필요한 일반적인 자료들은 인구수 변화, 국민소득 변화, 산업구조 변화, 산업별 생산량 변화, 농축산업 생산면적 및 생산량의 변화, 폐기물 발생량 및 처리방법 변화, 에너지 가격변화, 관련 기술의 변화 등이다. 이와 같은 정보는 과거로부터의 변화 추세, 그리고 미래에 대한 전문가들의 의견 등을 반영하여 결정되므로 근본적으로 많은 불확실성을 지닌다.

우리나라 온실가스 배출량 중장기 전망 시 가장 기본적인 전제 조건은 인구성장, 국내총생산, 산업구조 전망이다. 인구성장과 생산요소의 생산성에 관한 가정을 통하여 국내총생산 전망이 이루어진다. 이와 같은 국내총생산이 산업별로 어떻게 구성되어 증가하는 가에 대한 전망 자료는 온실가스 배출에 대한 전망의 전제 조건으로 활용된다.

특히 생산과 소비활동에서 온실가스의 배출을 결정하는 중요한 요소는 기술이다. 미래 에너지 소비기술의 효율성이 개선되는 정도, 화석연료를 대체하는 신재생에너지 기술 등의 도입 수준, 온실가스 처리기술 등의 발달 및 보급 정도에 따라 온실가스 배출량이 결정된다. 그러나 기술에 대한 전망 자체는 많은 불확실성을 지닌다. 미래의 화석연료 소비 및 대체 기술의 발달은 공공부문과 민간부문의 기술 개발에 대한 투자와 그리고 배출권 거래제도, 탄소세와 같은 경제적 유인제도의 도입 기술에 따라 내생적으로 결정되기도 한다. 즉, 기술 발달 및 보급은 외부적인 요인들에 의해서 결정되기도 하지만 당국의 의지에 따라 내생적으로 결정되기도 한다. 따라서 기술 변화에 대한 전망 역시 많은 불확실성을 내포한다. 일반적으로 온실가스 배출에 영향을 주는 기술발전

대한 전망은 대부분 과거의 추세를 근거로 이를 확장하는 형태로 이루어진다. 과거 기술발전의 추세가 미래에 지속된다는 가정과 추가적인 기술 개발이 존재하는 경우, 이를 반영하여 미래의 기술발전을 전망하고 있다. 미래의 온실가스 배출을 전망하는데 있어서 또 다른 불확실성은 미래 온실가스 배출에 영향을 미칠 수 있는 조치(policy and measures)들이다. 이미 시행되고 있거나 시행이 확정된 조치들은 온실가스 배출에 미치는 영향이 상대적으로 예측이 가능하지만 현재 도입되지 않은 새로운 조치들의 경우는 구체적인 모습에 따라 온실가스 감축효과가 상이하게 나타날 수 있다. 현재 우리나라에 도입되지 않고 있지만 다른 나라에서 도입되고 있는 경우에는 조치의 실체는 분명하지만 우리나라에 도입되는 시기 및 정도에 따라 중장기 온실가스 배출 전망에 각기 다른 영향을 줄 수 있다.

온실가스 배출 전망시 정책의 효과를 반영하는 데 있어서 또 다른 한계점은 중장기 온실가스 전망에 있어서 새롭게 도입될 가능성이 있는 정책의 효과를 반영할 것인지의 여부이다. 유엔기후 변화협약에서 제시하고 있는 국가보고서 가이드라인에서는 “조치가 있는(with measures)”, “조치가 없는(without measures)” 그리고 “부가적 조치가 있는(with additional measures)” 경우에 대해 전망치를 제시하도록 권고하고 있다. 조치가 없는 경우의 전망은 현재 상태가 그대로 유지된다는 가정하에서의 온실가스 배출전망을 의미한다. 반면에 조치가 있는(with measures) 경우의 전망치 제시는 현재에 이미 도입된(implemented) 것 뿐만 아니라, 채택된(adopted) 정책 및 조치들을 반영하는 온실가스 배출전망치를 의미한다. 이러한 조치가 있는 경우의 온실가스 배출전망은 과거에 새로운 정책이 추가적으로 도입되는 정책추세를 반영한다는 측면에서 미래에 채택 가능성이 높은 정책도 반영한다고 할 수 있다. 부가적 조치가 있는 경우는 단순히 새롭게 채택되는 정책의 효과만을 반영하는 것이라기 보다 정책당국의 강력한 정책의지를 반영하여 그동안 도입된 정책보다는 훨씬 강화되거나 새롭게 도입된 정책을 반영한 것이라 할 수 있다.

위와 같이 BAU 산정은 매우 복잡하고 불확실한 속성을 지닌다. 현재 우리나라에서 전반적으로 국가 BAU를 추정하는 일반적인 방식은 다음과 같다. 우선, 확정된 국가계획(에너지원별수급계획, 전력수급계획, 폐기물관리종합계획, 산림기본계획 등)을 반영하여 BAU를 접근하고 있다. 즉,

에너지부문의 에너지효율 개선(Autonomous Energy Efficiency Improvement), 기획된 정부의 정책적 노력을 반영하고 있다. 이와 같은 점은 BAU를 달성하기 위해 정부의 지속적인 노력이 또한 전제되어야 함을 의미한다. 한편, 에너지 수요전망이 중요한데 산업, 수송, 가정·상업·공공·기타부문으로 구분하여, 각 부문은 용도별로 세분하여 최종에너지 수요를 전망하는 방식을 이용하고 있다. 즉, 부문별 특성에 입각해 경제활동 수준, 에너지이용기술, 에너지 이용기기의 보급률, 에너지원단위 등의 변수를 이용하여 수요를 전망하고, 부문별로 장기적 추세를 반영한 후, 각 부문별 결과를 종합하고 있다.

#### 다. 부문별 감축옵션 점검의 중요성

감축옵션에 따른 감축잠재량은 잠재량이 과다 혹은 과소 추정될 수 있기 때문에 감축옵션간의 관계를 다양한 관점에서 면밀히 검토해야 한다. 예를 들어, 에너지 수요관리(물류효율화, 신축건물 에너지절약 설계기준 강화 등), 규제수단(연비규제, EERS 도입, 최저소비효율제 확대 등), 기존 및 대체기술(고효율 조명기기 및 보일러, 산업 공정 개선 등), 미래기술 보급(수소연료전지보급, CCS 등), 공급전환(신재생, 원자력) 등 감축옵션간 그리고 부문간·부문내 중복효과를 검토하는 것이 중요하다.

또한, 감축옵션의 도입효과가 에너지원별, 부문별 구분이 모호한 경우, 감축 시나리오 분석시 이에 관한 점검 역시 중요하다. 이와 같은 경우, 특정 부문의 잠재량으로 구분하기 보다는 국가 전체 총괄적으로 반영하는 방안도 검토될 수 있다.

그리고 감축수단 도입의 실현성 정도 및 이에 따른 감축효과의 현실성 여부에 관한 조정과정 역시 필요하다. 예를 들어, 신재생에너지 보급확대, CCS 기술보급, 원자력 확대 등의 감축옵션은 우리나라 여건에서 실질적으로 채택 가능한지 불확실한 측면이 강하다고 판단될 경우, 동 감축옵션에 따른 저감잠재량을 현실성 있게 조정하거나 해석되어야 한다. 또한 다수의 기술과 관련된 감축옵션들은 기술보급율과 밀접한 관계에서 저감잠재량이 추정된다. 따라서 과거 시장여건 및 전망에 기초해 기술보급율 적용의 현실성 있는 접근 역시 중요하다. 한편, 동일한 감축옵션의

경우에도 정부의 수요관리 강화 의지에 따라 추가적인 잠재량을 기대할 수 있을 것이다. 따라서, 감축옵션이 실현되는 다양한 여건을 고려해 궁극적인 잠재량이 추정될 수 있다.

### 라. 향후 중점 과제

앞에서 제시된 우리나라 국가 저감잠재성 분석의 접근현황 및 고려사항 뿐 아니라, 일반적인 저감잠재성 접근 방법론을 고려할 때 국가 저감잠재성 분석은 기본적으로 100% 정답이 없는 속성을 지닌다. 따라서, 저감잠재성 분석은 일회성이 아닌 지속적인 접근이 중요하다. 그리고 현실성 있는 의견조정과 사회적 공론화가 동반되는 것이 중요하다. 또한 BAU 개념 정립으로 순수 감축효과를 파악하는 것이 필요하며, 기존 정부정책과의 연관선상에서 신뢰성 있는 정부 자료를 바탕으로 현재까지 파악된 저감잠재성 분석의 접근을 일관성 있게 보완해 나가는 것이 중요하다. 구체적으로, 우리나라에서 향후 지속적으로 중점 개선 및 보완되어야 할 사항은 다음과 같다.

- 기존 전제조건의 지속적 재검토 (경제성장률, 산업구조 등)
- 국제 유가를 반영하기 위한 3개 이상의 다양한 시나리오 분석
- 유가와 에너지믹스 변동 전망에 관한 면밀한 검토
- BAU와 정책옵션의 중복문제 점검
- 정책 옵션간 중복문제 점검
- 원자력, CCS, 신재생 확산 등 저감옵션의 현실 적용 가능성을 고려한 잠재량
- 수요관리 및 규제 강화 시나리오의 현실 적용 가능성을 고려한 잠재량 (특히, 가정·상업·공공 부문, 수송부문, 전환부문의 연구 필요)
- 현재 기술로 효율화하는 방안, 미래신기술 도입, 원자력 수준, 행태변화 등을 고려한 체계적 시나리오 분석
- 에너지가격체계 변화, 정책수단 도입 및 믹스에 따른 비용편익 분석 등
- 국가감축목표 설정방안에 관한 연구 (시나리오별 잠재성 결과를 국가목표설정으로 결정시, 정치적, 국제사회 수용성, 국내 사회 수용성 등을 고려한 접근 가능한 방안)



## 제4장

국내외 수송 및 건물부문  
온실가스 감축정책 추진동향  
및 성과

## 1. 국내 온실가스 감축정책 추진동향 및 성과

우리나라는 기후변화협약 당사국으로서 전 지구적 문제인 기후변화 문제 해결을 위한 국제적 공동노력에 기여하기 위하여, 여러 부문에 걸쳐 자발적이고 다각적인 정책 및 조치들을 개발하여 강력히 추진하고 있다. 특히, 에너지 저소비형 경제구조로의 이행 가속화와 경제 각 부문의 에너지 절약 및 온실가스 감축노력 강화를 통해, 기후변화에 대응하는 국제적 노력에 기여하고 있다. 에너지부문에서의 온실가스 감축노력은 에너지의 수요 및 공급, 효율향상 부문을 중심으로 정책을 추진하고 있다. 에너지 수요의 경우, 산업부문의 수요관리와 청정연료 사용 확대 같은 정책들이 추진되고 있다. 한편 에너지 공급부문에서는 대체에너지 및 청정에너지 보급 확대를 위한 각종 정책들을 시행하고 있으며, 고효율 기자재 보급 확대를 통한 효율향상 노력이 이루어지고 있다. 건물부문에서는 건축물 설계기준 강화 및 친환경 인증제도의 촉진을 통한 온실가스 감축노력이 이루어지고 있다.

수송부문에서는 대중수송수단 개선, 차량운행 효율 개선, 저공해 자동차 보급 활성화 그리고 차량공회전 규제 등과 관련된 정책들이 다각적으로 추진되고 있다. 한편 농축산부문에서는 영농 및 축산방식의 개선을 위한 각종 정책들이 추진 중이다. 임업부문에서는 산림경영 개선 및 조립 촉진을 위한 정책들이 시행되고 있으며, 폐기물부문에서는 폐기물 발생의 최소화 및 자원화를 위한 각종 정책들이 추진되고 있다.

위와 같은 부문별 추진전략과 세부 정책 및 조치들은 <표 4-1>과 같이 요약될 수 있다.

■ 표 4-1. 온실가스 감축을 위한 부문별 정책 및 조치 요약

부문	추진전략	세부 정책 및 조치	
에너지 부문	수요	산업부문 에너지 수요관리	자발적 협약 확대
			에너지진단 의무화
			에너지사용계획 협의제도
			에너지절약시설 투자 지원
			에너지절약 전문기업 지원제도
			공공기관 에너지소비 총량제
		청정연료 사용 확대	청정연료 사용 의무화
	공급	대체에너지 및 청정에너지 보급 확대	집단에너지 공급 확대
			신재생에너지 보급 확대
			천연가스의 안정적 공급
			원자력 적정 비중 유지
			바이오디젤 보급 확대
			매립가스 자원화 사업
			소각시설의 폐열 이용
	효율	고효율 기자재 보급 확대	에너지소비효율등급 표시제도
			대기전력 저감 프로그램
고효율에너지기자재 인증제도			
평균에너지소비효율제도 시행			
감축 기반	온실가스 조기감축 촉진	온실가스 감축실적 등록 사업	
		산업계 기후변화 대책기구 구성 및 운영	
건물부문	건축물 설계기준 강화 및 친환경 인증제도 확대	건축물 에너지절약 설계기준 강화	
		건물 에너지 효율등급 인증제도 확대	
		친환경 건축물 인증제도 확대	
수송부문	대중녹색수송수단 이용 확대	대중수송수단 체제 개선	
		승용차 이용 억제	
		자전거 이용 촉진	
수송부문	저공해자동차 보급 활성화	천연가스버스 운행 확대	
		저공해자동차 보급 확대	
	차량 공회전 규제	차량의 공회전 규제	

■ 표 4-1. 온실가스 감축을 위한 부문별 정책 및 조치 요약(계속)

부문	추진전략	세부 정책 및 조치
농축산부문	영농축산방식 개선	논의 메탄 배출량 감축
		밭의 아산화질소 배출량 감축
		반추가축의 장내발효 개선
		축산분뇨 처리시설 개선
임업부문	산림경영 개선 및 조림 촉진	숲가꾸기 사업 추진
		병해충 집중 방제
		산불관리체계 강화
		산림전용 억제 및 재조림 의무화
		도시림 조성사업 추진
폐기물부문	폐기물 발생 최소화 및 자원화	폐기물 발생 최소화
		폐기물의 자원화
		환경기초시설의 확대

자료: 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

## 2. 수송부문의 온실가스 감축정책 현황

### 가. 수송부문 정책수단별 온실가스 감축 선행연구

#### 1) 대중녹색수송수단 이용 확대

##### 가) 대중수송체계 개선

대도시 수송수요의 효율적 처리를 통한 온실가스 저감을 위하여 간선급행버스체계(Bus Rapid Traffic, BRT) 보급을 확대하고 있다. 2005년 1월 “대중수송의 육성 및 이용촉진에 관한 법률”을 제정하고, 이를 근거로 건교부장관이 대중수송기본계획을, 시장과 군수는 지방 대중수송계획을 5년 단위로 수립하도록 하였다. 또한 시장과 군수는 필요한 경우, BRT의 구축, 노선버스 중심의

지능형 수송체계 구축 등을 수행하도록 하였다.

제1차 “대중수송기본계획 (2007년~2011년)”에 의하면, 2011년까지 45개 노선에 492.6km의 BRT를 건설할 계획이다. 또한 같은 기간 동안 대중수송의 이용편의 증진을 위한 환승시설 32개소를 건설할 계획이다. 두 사업에는 각각 7,400억 원과 9,250억 원의 예산이 소요될 것으로 예상된다.

또한 대중수송수단 이용자의 편의 증진과 비용저감을 위하여, 서울시와 인천시, 경기도 등 수도권에서는 대중수송 통합요금 체계를 도입하였으며 환승요금 할인정책을 시행하고 있다. 동 제도는 권역 내에서 지하철, 버스 등에서 하차한 뒤 30분 이내에 다시 대중수송수단에 승차하는 경우 요금을 할인해 주는 제도이다. 동 제도는 2004년에 처음 도입되었고, 요금 할인에 따른 보조금은 수도권에서만 연간 약 600억 원 이상 소요된다.<sup>13)</sup>

#### 나) 승용차 이용 억제

에너지 절약을 목적으로 공공기관을 중심으로 2000년 9월부터 승용차 부제 운행제도를 시행하고 있다. 처음에는 기관장의 결정에 따라 기관별로 자율적으로 시행하였으나, “공공기관 에너지절약 추진지침”에 따라 2006년 6월부터는 모든 공공기관에서 요일제 시행이 의무화되었다.

서울시에서는 2003년 7월부터 민간에 대해 자발적인 요일제를 시행하고 있으며, 참여자에게는 자동차세 5% 감면, 공영주차요금 할인, 혼잡통행료 50% 할인 등의 인센티브를 부여하고 있다. 동 제도의 참여 자동차 대수는 161 만대(2005년 11월 기준)로서 전체 등록차량의 73%를 차지하고 있다.<sup>14)</sup>

#### 다) 자전거 이용 촉진

온실가스 저감을 위하여 자전거 이용 촉진정책을 시행하고 있다. 법률에 따라 시장군수는 자전거도로 등 자전거 이용시설의 정비계획을 수립하여야 한다. 택지개발사업 등을 시행하는 경우에는

13) 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

14) 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

자전거도로를 설치하여야 하며, 시장군수가 설치하는 노외주차장에는 일정비율 이상의 자전거 주차장을 설치하여야 한다. 이러한 노력의 결과 1998년부터 2002년까지 총 4,789억 원이 투자되어 자전거도로 4,419km와 보관대 19만 개가 설치되었으며, 2010년까지 자전거도로 10,000km, 보관대 100만대, 횡단보도 턱의 완전 정비 등을 목표로 하고 있다.

## 2) 차량 운행효율 개선

### 가) 고속도로 통행료 전자지불 시스템 도입

2006년까지 전국의 241개 고속도로 영업소 중 8%에 해당하는 20개 영업소에 통행료 전자지불 시스템이 도입되었으며 2007년까지 모든 고속도로로 확대될 예정이다. 이를 위하여 2007년에 1,685억 원이 투입될 계획이다. 이와 같이 통행료 전자지불 시스템을 도입할 경우, 요금소에서 통행권 발행이나 요금납부를 위한 정차가 필요 없어서, 그만큼 에너지소비와 온실가스 배출량이 감소하게 된다.

### 나) 화물자동차 공차율 저감 시스템 구축

화물자동차의 공차운행 비율을 줄임으로써 에너지 소비와 온실가스 배출량을 줄이기 위하여 2004년부터 화물차 공차율 저감 시스템을 구축하고 있다. 화물운송 가맹사업자(프랜차이저)가 화주로부터 화물을 확보하여 전산망 등을 통해 개별운송업자(가맹점)에게 배정함으로써, 정보 부족에 의한 불필요한 공차운행을 줄이는 방법이다.

동 제도는 2004년 4월 처음 도입되었으며, 2005년 2월에는 가맹사업자에 대한 지원을 위해 “조세특례제한법령”을 개정하여, 화물운송 가맹사업자의 전산망을 통해 운송을 위탁하는 경우, 위탁운송비의 3/1000을 법인세 또는 소득세에서 공제해 주고 있다. 동 제도에는 2006년 말 기준으로 4,612대의 화물자동차가 등록되어 있다.

#### 다) 수송혼잡 특별관리구역 지정

수송혼잡 완화를 통한 온실가스 배출량 저감을 위하여, 대규모 수송유발시설 밀집지역을 수송혼잡 특별관리구역으로 지정하여, 자가용 승용차의 이용을 억제하기 위한 체계적인 수송수요관리정책을 시행하고 있다. 특별관리구역으로 지정되면 구역 통과차량에 대한 혼잡통행료 부과, 구역 내 시설물에 대한 수송유발부담금 할증, 구역 내 부설주차장 이용제한과 수송영향평가 재 실시 등의 대책을 시행할 수 있다.<sup>15)</sup>

### 3) 저공해자동차 보급 촉진

#### 가) 천연가스버스 운행확대

1991년~1997년 동안 천연가스버스의 개발을 완료하였고, 1998년 7월부터 인천과 안산지역에 4대를 시범 운행하였다. 2006년 말 기준으로 226기의 충전소 설치를 완료하고 11,988대를 보급하였으며, 2010년까지 전국에 23,000대를 보급할 계획이다.

■ 표 4-2. 국내 천연가스버스 보급계획 및 온실가스 감축 추정량

(단위 : 대)

보급년도	~ 2006년	2007년	2008~2010년
보급(누적)	11,988	13,888	23,000

자료: 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

천연가스버스 구입 시 관련 세금(부가가치세, 취득세)을 면제하고 기존 경유버스와의 차액에 대해 (구매비용 차액의 3%) 보조금을 지불하고 있다. 충전소 설치의 경우 설치비용 용자 및 조세감면 등 재정적인 지원책과 인프라 구축에 필요한 지원을 위하여, 「건축법」, 「국토계획법」, 「고압가스안전관리법」 등의 관련 법령도 정비하였다.

15) 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

한편 경유버스를 천연가스(CNG) 버스로 연료를 전환하여 운행하는 경우, 대기오염물질 저감에 기여함은 물론이고, 연간 대당 약 497.5kg의 이산화탄소 감축효과가 발생하는 것으로 분석되고 있다.<sup>16)</sup>

#### 나) 저공해자동차 보급 확대

2004년에 하이브리드자동차 50대로 시범운행을 시작하였으며, 2005년에는 차종을 확대하여 총 312대를 수도권 내 공공기관에 우선적으로 보급하였다. 2006년에는 5대 광역시(부산, 대구, 광주, 울산, 대전)의 공공기관으로 확대하였다.<sup>17)</sup>

■ 표 4-3. 하이브리드자동차 보급계획

(단위 : 대)

보급년도	2006	2007	2008	2009	2010
보급 대수(누적)	418	1,613	3,808	6,798	10,088

자료: 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

■ 표 4-4. 전지자동차 보급계획, 소형 승용차 기준

(단위 : 대)

보급년도	2010	2011	2012	2013	2014	2015
보급 대수(누적)	200	950	2,450	5,950	10,450	17,950

자료: 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

하이브리드자동차 보급 확대를 통하여 2015년에 약 827천tCO<sub>2</sub>의 온실가스 감축이 가능할 것으로 기대된다. 한편 연료전지자동차를 정부의 계획대로 보급하는 경우, 2015년에는 약 48천 tCO<sub>2</sub>의 온실가스 감축효과가 발생할 것으로 기대되고 있다.<sup>18)</sup>

16) 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

17) 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

#### 4) 차량의 공회전 규제

정부는 터미널, 차고지, 주차장 등 공회전이 빈발하는 특정지역에서 자동차의 공회전을 규제할 수 있도록, 2002년에 「대기환경보전법」을 개정하였다. 2007년 5월 기준으로 서울, 경기도를 포함한 15개 광역지방자치단체에서 공회전 규제를 위한 조례를 제정하여 시행하고 있다.

각 광역지자체의 조례에 의하면, 특정지역에서 5분 이상의 공회전을 금지하고 있으며, 과태료 부과 등의 행정적인 조치를 취할 수 있도록 하고 있다. 아울러 운전자의 자발적인 실천을 유도하기 위하여, 공회전 억제를 위한 홍보도 강화하고 있다.<sup>19)</sup>

이상에서 서술된 수송부문 온실가스 감축을 세부 정책 및 조치들의 주용 내용, 정책 유형 및 도입 현황 등은 <표 4-5>와 같이 요약될 수 있다.

■ 표 4-5. 온실가스 감축을 위한 수송부문 세부 정책 및 조치 내용

정책 및 조치	주요 내용	정책유형	도입현황
수송부문			
수송부문 : 대중녹색수송수단 이용 확대			
대중수송수단 체제 개선	대도시 수송수요의 효율적 처리를 위해 간선급행버스체계 (Bus Rapid Traffic, BRT) 보급을 확대할 계획 대중수송 통합요금체제 도입 및 환승요금 할인	제도화 재정 지원	계획 / 기도입
승용차 이용 억제	공공기관을 중심으로 에너지 절약을 위한 승용차 요일제 운행 시행	자발적 협약	기도입
승용차 이용 억제	서울시는 민간에 대해 자율 요일제를 시행하고 참여자에 대해 자동차세 감면, 주차요금 및 혼잡통행료 할인 제공	재정 지원	기도입
자전거 이용 촉진	지자체 자전거 이용시설 정비계획 수립 및 택지개발사업시 자전거도로 설치 의무화 노외주차장 건립시 일정비율 이상의 자전거 주차장 설치 의무화	제도화 재정 지원	기도입

18) 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

19) 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

표 4-5. 온실가스 감축을 위한 수송부문 세부 정책 및 조치 내용(계속)

정책 및 조치	주요 내용	정책유형	도입현황
수송부문 : 차량 운행 효율 개선			
고속도로 통행료 전자지불 시스템 도입	고속도로 영업소에 전자지불시스템을 도입하여 에너지 절약 유도 2007년 말까지 모든 고속도로 요금소에 전자지불시스템 설치	제도화	기도입
화물자동차 공차율 저감 시스템 구축	화물운송가맹사업자가 화주로부터 화물을 확보하여 개별운송 사업자에게 배정하는 정보시스템 구축으로 공차율 감소 가맹사업자에 대해 위탁운송비의 0.3%를 법인세 또는 소득세에서 공제	제도화 재정 지원	기도입
수송혼잡 특별관리 구역 지정	대규모 수송유발시설 밀집 지역에 대한 수송혼잡 특별관리구역 지정 및 체계적 수송수요관리 정책 시행 혼잡통행료 부과, 수송유발부담금 할증, 수송영향평가 재실시 등 대책 시행	제도화	기도입
정책 및 조치	주요 내용	정책 유형	도입 현황
수송부문 : 저공해 자동차 보급 활성화			
천연가스버스 운행 확대	2010년까지 전국에 23,000대의 천연가스버스를 보급할 계획 버스구입 관련 세제 면제와 경유 버스와의 구입가격 차액에 대한 보조금 지급 충전소의 설치비용 용자 및 조세감면 추진중	제도화 재정 지원	기도입
저공해 자동차 보급 확대	공공기관에 하이브리드자동차 우선 보급 2004년에 50대를 시범운행, 2005년에는 수도권 공공기관에 312대를 보급하고 2006년에는 5대 광역시 공공기관으로 확대 보급	제도화	기도입
수송부문 : 차량의 공회전 규제			
차량의 공회전 규제	터미널, 차고지, 주차장 등에서 5분 이상 공회전 금지 수도권 등 15개 광역자치체에서 공회전 규제 조례 제정/시행 위반 시 부과금 부과와 함께 자발적 참여를 유도하기 위한 홍보 강화	제도화	준비 중

자료: 기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서

### 나. 수송부문 온실가스 저감잠재량 평가

환경관리공단에서 산정한 저감잠재량은 현재 대기오염물질 감축을 위하여 시행 및 계획 중인 수송 부문의 정책 중 온실가스 감축효과가 있는 정책수단별로 온실가스 저감량을 평가하였다.

하이브리드자동차는 휘발유 차량보다 연료사용량이 약 40% 적으므로, 하이브리드 자동차 보급 확대를 통하여 2015년에 약 827tCO<sub>2</sub>톤의 저감량이 예상된다.

■ 표 4-6. 하이브리드자동차 보급계획 및 감축량

(단위 : 대, 천TCO<sub>2</sub>)

보급년도	2006	2007	2008	2009	2010	2015
보급(누적)	418	1,613	3,808	6,798	10,088	388,290
감축량	0.89	3.44	8.12	14.49	21.50	827.67

자료 : 환경관리공단

■ 표 4-7. 전지자동차 보급계획 및 감축량 : 소형 승용차 기준

(단위 : 대, 천TCO<sub>2</sub>)

보급년도	2010	2011	2012	2013	2014	2015
보급(누적)	200	950	2,450	5,950	10,450	17,950
감축량	0.53	2.53	6.53	15.87	27.87	47.87

자료 : 환경관리공단

온실가스를 배출하지 않는 연료전지 자동차를 보급할 경우, 2015년에 약 48천CO<sub>2</sub>톤 저감효과가 있다.

현재 시행되고 있지는 않으나 환경부에서 자발적 협약을 통하여 도입을 준비 중인 제작 자동차의 CO<sub>2</sub>배출기준제도를 통한 온실가스 저감잠재량은 우리나라의 현 배출수준(180g/km 이상) 및 EU와 미국(캘리포니아)의 기준을 고려하여 배출기준을 설정하게 된다. 그 경우 2015년에 약 6,698tCO<sub>2</sub>감축이 전망된다.

■ 표 4-8. 제작차 CO<sub>2</sub> 배출허용기준(안) 적용 시 잠재감축량

(단위 : 대, 천CO<sub>2</sub>)

구분(누적)	2009	2010	2011	2012	2013	2015
EU기준(g/km)	140	140	140	120	120	120
미국기준(g/km)	201	187	166	145	141	132
FAS기준(g/km)	180	180	160	160	140	140
감축량	384	876	1,691	2,582	3,892	6,699

경유버스를 천연가스(CNG) 버스로 연료를 전환하면 연간 대당 약 497.5kg의 이산화탄소 감축 효과가 있으며, 이는 2015년에 약 15.8tCO<sub>2</sub>의 온실가스 감축효과가 있을 것으로 전망된다.

■ 표 4-9. 국내 천연가스버스 보급계획 및 감축량

(단위 : 대, 천CO<sub>2</sub>)

보급년도	2006	2007	2008	2009	2010	2015
보급(누적)	11,121	13,756	16,441	19,138	21,835	31,785
감축량	5.5	6.8	8.2	9.5	10.9	15.8

자료 : 환경관리공단

운행차량 공회전 금지로 2010년에 약 70tCO<sub>2</sub>, 2015년에 80tCO<sub>2</sub> 감축효과가 기대된다. 이는 휘발유 차량 3분(4.6% 공회전), 경유 차량 5분(3.7% 공회전), 공회전시 경유는 약 2.5ℓ/시간, 휘발유는 약 3.5ℓ/시간이 소요될 것으로 계산한 수치이다.

수도권 총량관리사업장부문에서 2007년 7월부터 시행되는 수도권특별법에 따른 대기오염물질 총량규제로 수도권지역 사업장에서 사용되는 연료전환 가속화가 예상되며 이에 따른 온실가스 감축효과가 전망된다.

수도권특별대책 총량규제 대상 사업장의 2003년도 연료사용에 의한 온실가스 배출량은 27,274 tCO<sub>2</sub>이며, 연료사용량의 지속 증가로 2014년에는 온실가스 배출량이 31,634tCO<sub>2</sub>으로 증가 전망된다. 대상 사업장별 총량목표 달성을 위한 연료전환(유연탄, B-C유 → LNG) 촉진 및 저NO<sub>x</sub>버

너 설치로 4,246tCO<sub>2</sub>저감될 것으로 잠재 평가 된다<sup>20</sup>). 또 총량규제 시행(2007년)에 따른 수도권 사업장의 대기오염물질 배출량을 줄이기 위한 노력의 일환으로 연료전환이 추진되고 있다.

■ 표 4-10. 연료전환에 따른 온실가스 CO<sub>2</sub> 저감목표 설정

(단위 : tCO<sub>2</sub>)

연료 구분	연료명	2015			
		BAU 배출량	연료전환 시 배출량	총저감량	저감목표 (30%)
고체	유연탄 (0.3% 이하, 톤)	2,804	2,019	785	236
액체	B-C유(KI)	7,894	5,840	2,054	616

자료 : 환경관리공단

저NO<sub>x</sub>버너는 일반버너에 비해 열 손실율이 낮아 연료사용량이 감소, 중유 1kg당 약 0.02kg, 천연가스 1Nm<sup>3</sup>당 0.03kg의 연료사용량 절감으로 저NO<sub>x</sub>버너 1대당 연간 264CO<sub>2</sub> 톤 절감효과가 있다.

■ 표 4-11. 저NO<sub>x</sub>버너 설치계획 및 감축량

(단위 : 개, 천CO<sub>2</sub>)

보급연도	2006	2007	2008	2009	2010	2015
보급(누적)	94	227	690	1,106	1,522	16,079
감축량	25	60	182	292	402	4,245

자료: 환경관리공단

20) 배출허용기준 강화로 수도권 사업장 연료전환(유연탄, B-C) 30% 및 2015년까지 No<sub>x</sub>버너 16천대 설치(1대 : 264CO<sub>2</sub>톤/년 저감)

## 다. 건물부문의 온실가스 감축정책 동향 및 성과

### 1) 정책 현황 일반

국내 에너지 절감 정책은 세 가지 분류로 구분하여 볼 수 있다. 규제적 수단, 시장적 수단, 정보공유와 자발적 행동 유도 등이 각각 이러한 범주들이다. 먼저 규제적 수단에는 전자제품의 표준화, 건축기준, 공공입찰, 의무 레이블링 프로그램과 에너지 진단의무화, 수요관리와 같은 정책 수단들이 있다. 시장적 수단에는 에너지성과계약, 세금면제 또는 삭감, 보조금의 지급 등의 정책 수단이 있다. 마지막으로 정보공유, 자발적 행동 유도 수단으로써는 자발적 인증 및 레이블링 제도, 공공선도 프로그램, 캠페인 등의 정책이 있다. 이상의 사항은 다음의 <표 4-12>와 같이 정리할 수 있다.

한편 기존의 건물 대상의 정책을 요약하면 다음의 네 가지로 볼 수 있는데, 첫 번째는 총리실과 지식경제부가 공동으로 주관하는 공공기관 에너지 소비 총량제를 들 수 있다. 다음으로는 지식경제부에서 수행하는 건물 자발적 협약 및 Energy Saving Partnership이 있으며, 세 번째는 지식경제부에서 주관하는 에너지진단 의무화 프로그램, 그리고 마지막으로 공공기관 고효율 에너지 기자재 사용 및 신재생에너지 의무화 프로그램이 있는데 이는 총리실과 지식경제부에서 공동으로 주관하는 프로그램이다.

이상의 프로그램들 중에서 공공입찰, 공공선도 프로그램 등 가장 강력한 규제 수단은 주로 공공건물에 한정되는 경우가 많으며, 단위당 에너지 소모는 적으나 그 숫자가 많은 일반 가정이나 소형 상업 건물 같은 경우, 강력한 규제 수단 보다는 정보 제공이나 자발적 행동 유도 등의 덜 강압적인 방법이 사용되는 것이 더 일반적이다. 이처럼 일반가정이나 소형 상업 건물의 경우에 덜 강압적인 방법이 사용되는 이유는 실질적으로 행정비용이 많이 드는 반면에 그로 인한 효과가 적기 때문이다. 더욱이 단순한 행정비용 이외에 개인의 재산권 문제, 삶의 질 문제 등과 얽혀 있어서 실제 소요되는 비용은 더욱 크다는 문제도 있다.

표 4-12. 국내 에너지 저감 정책 현황

	정 책	내 용
규제적 수단	전자제품 표준화	1992년부터 냉장고 등에 에너지 효율등급을 5단계로 나누어 제품에 등급표를 붙이고 있음. 효율등급표시 품목 수를 확대(2007년 19-)2012년 24개)하고, 2010년까지 전자제품의 대기전력을 1W 이하로 실현 목표
	건축기준	건축물 에너지 절약 설계기준(건교부 고시) 건물에너지효율등급 인증제도(공동 주택에 해당, 산자부 고시) 친환경건축물 인증제도(환경부, 건교부 공동 고시)
	공공입찰	공공건물 고효율 에너지 기자재 사용 의무화
	의무 레이블링 프로그램	전자제품 및 기기 등의 제품의 에너지 사용 성능에 대하여 최종소비자에게 정보를 제공하여야 함
	에너지진단 의무화	연간 에너지 소비량이 2000TOE를 넘는 다소비 사업장에 대한 에너지진단 의무화, 보조금 지급
	수요관리	에너지공급자별 수요관리의 통합 평가체계 구축 및 효율향상 도시가스, 발전, 집단에너지 석유정제 등 효율향상. 투자대상 에너지 공급자 확대 및 효율향상 의무화(EERS)를 위한 제도개발 예정
시장적 수단	에너지성과계약	1992년부터 정부차원에서 ESCO사업에 대해 정부에서 지원하고 있으며 대부분의 사업이 성과배분방식을 선호함
	세금 면제 또는 삭감	(서울시)친환경 건축물 지방세 감면 방안
	보조금 지급	집단에너지 공급, 에너지 절약시설 설치사업에 대한 자금지원 서울시는 건물에너지 합리화 사업에 참여하는 건물에 대해 사업투자비용에 대한 장기저리 용자를 제공하고, 친환경건축물 인증비용의 일부를 지원할 계획
정보공유, 자발적 행동 유도	자발적 인증 및 레이블링 제도	1996년부터 산업 및 건물설비 등에 에너지 효율이 높은 고효율 에너지기자재를 인증해 보급 촉진하는 자발적 인증제도인 고효율 에너지기자재 인증제도를 운영하고 있음
	공공선도 프로그램	공공건물 신축시 에너지 효율등급 1등급 인증 의무화(공공기관 에너지이용 합리화 추진지침 개정) 공공기관 신, 재생 에너지 사용 의무화
	캠페인	에너지 절약 홍보

자료: 이희송, 성과보증방식의 ESCO사업을 통한 대도시 건물의 기후변화 문제의 대응(2007)

ESCO사업 관련 지원 정책으로는 ESCO 업체를 대상으로 하는 정책과 ESCO 이용자를 대상으로 하는 정책으로 나누어 볼 수 있다. 먼저 ESCO 업체를 지원하는 정책으로는 에너지 이용 합리화 자금지원 정책을 들 수 있다. 중소 ESCO 운영자에 있어서는 1998년 6월 이후에 동일 수익자에게 10억 원 이내의 자금이 지급 되고 있다. ESCO 이용자에게 세제지원을 하고 있는데, 조세특례제한법 25조를 근거로 ESCO 입금액의 10/100에 상당하는 금액을 소득세 또는 법인세에서 공제하고 있다. 이 밖에 기타 지원 정책으로써 우수 ESCO 인증제도 등의 지원 정책이 있다. 한편 ESCO에 대한 지원책 외에 에너지 절약 기술정보 협력 사업이 진행 중에 있다.

에너지 절약 기술정보 협력사업(ESP)은 유사한 시스템 및 사용패턴을 가진 사업장간 에너지 절약을 위한 공동 협의체를 구성하는 것으로써 에너지절약 실증사례 및 에너지관리기법 등 각 사업장별 보유하고 있는 절약 신기술 정보를 공유한다. 절감 가능한 아이템을 선정하여 공동으로 분석 연구, 현장 적용하며, 2,000 TOE이상 사업장이 참여 대상으로써 2008년 말 기준으로 73개 업체가 참여 중이다.

다음에서는 에너지 절약의 정책 방향에 대해서 살펴보도록 한다. 우리나라는 국가 에너지절약 정책과 관련하여 국가에너지절약추진 위원회를 운영하고 있다. 이의 역할은 에너지 절약 설계기준 강화, 단계적으로 건물 에너지 효율등급 대상 건물 확대, 그리고 국가 에너지 효율을 2030년까지 46%개선 목표 설정하는 것을 들 수 있다. 2008년에는 국가 에너지 정책의 방향과 관련하여 제1차 국가 에너지 기본 계획(2008~2030)을 발표 하였는데, 여기에서 가정·산업 부문과 관련하여 담고 있는 내용을 소개하자면 다음과 같다.

먼저 중기 로드맵으로써 2008년부터 2030년까지 설비, 가전 효율 관리 제도의 전략적 운영, 신축건물 고효율화 확대(효율인증, 설계기준), 그리고 7대 설비 고효율화 기술개발(보일러, 전동기, 건조기, 조명기기, 냉난방기기, 가전기기) 등이 지속 또는 강화 되며, 이 밖에 기기 설비 전반에 대한 효율표준규격을 에너지절약형으로 설정, 기존건물 효율지표 및 효율기준 설정, 그리고 고효율 조명, 기기 설비 저가화 기술개발 지원이 신규로 검토되고 있다. 다음으로 2013년 이후 2030년까지의 장기로드맵으로써 기기, 설비의 종합효율, 온실가스 라벨링 도입, 건물에너지 소비 총량제 적용, 그리고 스마트 빌딩 리모델링 적용 등이 지속 또는 강화되며, 대기전력 네트워크 차단 프로토콜

도입방안, 건물, 가전부문의 효율향상 민관 파트너십 확대, 그리고 저탄소·고효율 에너지 빌딩 활성화 방안 등이 신규로 검토되고 있다. 건축 기준 정책에 관해서는 다음 항에 별도로 제시하였다.

## 2) 에너지절약 설계 기준

신축 건물의 에너지 저감을 위한 정책에는 국토부가 시행하고 있는 건축물 에너지절약 설계기준, 지식경제부가 시행하고 있는 건물에너지효율등급인증제도, 그리고 환경부와 국토해양부가 공동으로 주관하고 있는 친환경 건축물 인증제도등 크게 세 가지가 있다. 이와 같은 세 가지 정책의 세부 내용은 다음의 표에 요약되어 있다.

■ 표 4-13. 건축물 에너지 절약 설계기준

정 책	내용
건축물 에너지절약 설계기준	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 50세대 이상의 공동주택, 복지시설, 연구소, 병원, 목욕장이나 수영장, 대형 상점 등 어느 정도 규모가 있는 건물이 대상임</li> <li>- 벽의 두께 등의 기술적 규정을 따라야 하며, 어떠한 기술적 표준을 제공함</li> <li>- 기술이 발전함에 따라 기술 표준을 변경해 주어야 할 필요가 있음</li> </ul>
건물에너지 효율등급 인증제도 (공동 주택에 해당)	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 18세대 이상 공동주택을 대상으로 자발적인 신청을 통해 이루어지는 인증제도</li> <li>- 인증은 예비인증과 본 인증으로 나뉘며, 예비인증을 받은 경우 융자금의 혜택이 주어짐</li> <li>- 표준 주택의 기술 수준을 설정하고 이에 대해 몇 퍼센트의 에너지를 절감할 수 있는지를 측정하여 등급을 부여함</li> <li>- ‘건축물 에너지절약 설계기준’보다 작은 건물도 이 제도의 대상이 될 수 있으나 공동주택에 한정이 되어 있고 표준주택보다 에너지를 적게 배출하면 인증을 받을 수 있기 때문에 ‘건축물 에너지절약 설계기준’보다 유연하게 기술을 적용할 수 있으나, 표준 주택의 기술 표준은 정해져 있어 기술이 바뀐다면 표준 주택의 기술 표준도 변경해 주어야 할 필요가 있음</li> </ul>
친환경건축물 인증제도	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 환경부와 국토해양부에서 주관하며, 공동주택, 주거복합건축물, 업무용 건축물, 학교 시설, 판매시설, 숙박시설 등을 대상으로 함</li> <li>- 건축물 에너지 절약 설계기준이나, 효율등급인증제도에 비하여 적용 대상이 포괄적임</li> </ul>

한편 이 제도들은 다음과 같은 한계점을 가지고 있다. 먼저 건축물 에너지 절약 설계기준의 경우 적용되는 대상이 주로 신축건물에 제한되며, 기존 건물에는 적용되지 않는다는 점을 들 수 있다. 다음으로 적용 대상 건축물이 특정한 종류로 제한되어 있는 점 역시 이상의 제도들의 한계점이며, 마지막으로 건물 에너지 효율등급 인증제도나 친환경건축물인증제도의 경우 제도에 참여하는데 대한 강제성이 없을 뿐만 아니라, 참여에 따른 인센티브도 제한적이라는 한계점을 지니고 있다. 다음에서는 건물 에너지 효율 등급 인증제도와 친환경 건축물 인증제도에 대해서 좀 더 자세히 살펴보도록 한다.

#### 가) 건물 에너지 효율 등급 인증제도

건물 에너지 효율 등급 인증제도는 자발적인 신청에 의해서 에너지 절약적인 건물에 등급을 부여하는 제도이며, 인증은 예비인증과 본 인증으로 나뉜다. 먼저 예비인증은 신청주택 완공 전 설계도면 등의 기준에 따라 평가된다. 예비인증 취득을 할 경우 용자금 사업장당 100억 원, 사업자당 300억 원 이내에 한해서 자금이 지원되거나, 에너지 시설 소요자금의 80%이내(공공기관과 중소기업은 100% 이내)에서 자금이 제공된다. 용자금의 금리는 연리 2.25%에 2년 거치 2년 분할상환(변동금리)이다. 4년 이내 본 인증 취득 실패 시 연체금리를 포함하여 대금 상환하여야 한다. 다음으로 완공 후 실사를 통하여 3개 등급으로 구분하여 본 인증이 이루어진다. 건물 에너지 효율등급 제도의 등급별 자금 지원액 한도는 다음의 표에 소개되어 있다.

■ 표 4-14. 건물 에너지 효율등급 제도 등급별 자금 지원액 한도

등급	1등급	2등급	3등급
에너지 절감율	33.5% 이상	23.5% 이상	13.5% 이상
자금 지원	200,000원/m <sup>2</sup>	150,000원/m <sup>2</sup>	

자료 : 홍구표, 건물 에너지 효율등급 인증제도 소개 및 현황 분석(2008)

건물 에너지 효율등급의 인증 현황을 살펴보면 8개 건물이 1등급의 예비인증을 거쳐 6개 기업이 최종적으로 본 인증을 받았으며, 157개 건물이 2등급의 예비인증을 거쳐 32개 건물이 최종 본

인증을 받았고, 3등급 인증의 경우는 30개 건물이 예비인증을 거쳐서 5개 건물이 본 인증을 받았다. 이상의 내용은 다음의 <표 4-15>에 정리되어 있다.

■ 표 4-15. 건물 에너지 효율등급 인증 현황

	1등급	2등급	3등급
본 인증	6	32	5
예비인증	8	157	30

자료: 송승영, 건물에너지 효율등급 인증제도 개선방향에 관한 연구

#### 나) 친환경 건축물 인증제도

친환경 건축물 인증제도는 내부 심사원인 인증심사단이 제출서류와 도면, 관련 자료를 검토하여 1차 평가 후, 외부 심사원인 인증심의위원회에 의해 재심사를 거친다. 등급에 있어서 최우수와 우수, 두 개의 등급이 있으며, 인증 유효기간은 5년이고, 5년까지 연장이 가능하다. 이 제도는 단열이나 에너지 절감에 초점을 맞춘 에너지 효율 등급제나, 에너지 절약 설계기준과 달리 평가 범위가 포괄적인 특징을 가지고 있다. 이처럼 포괄적인 분류체계를 살펴보면 토지이용 및 교통, 에너지·자원 및 환경부하, 생태환경, 그리고 실내 환경의 네 가지 대분류로 분류되며, 이러한 대분류는 다시 토지이용, 교통, 에너지, 재료 및 자원 등의 개별 세분류 단위로 분류된다. 평가부문의 분류체계에 대한 사항은 다음의 <표 4-16>에 정리되어 있다.

■ 표 4-16. 평가부문 분류체계

대분류	세분류
토지이용 및 교통	토지이용, 교통
에너지, 자원 및 환경부하(관리)	에너지, 재료 및 자원, 수자원, 환경오염(대기오염, 유지관리)
생태환경	생태환경
실내환경	실내환경

자료: 송승영, 국내 친환경 건축물 인증제도 개요 및 현황

친환경 건축물 인증제도의 인센티브는 현재 공동주택에 한해서 인센티브가 마련되어 있는데, 이러한 인센티브는 분양가 가산비용에 친환경 예비인증 시 기본형 건축비의 3%를 보전 받을 수 있다는 내용을 담고 있다. 이처럼 공동주택에 한해서 인센티브가 마련되어 있는 까닭에 공동주택을 제외할 경우 참여가 저조한 것을 볼 수 있는데, 2006년 현재 인증을 받은 215개 건축물 중에 약 80%에 해당하는 171개 건축물이 공동주택이었다(표 참조). 다음으로 업무용 건물이 약 14%를 차지하며 이밖에 주거복합 및 학교 등이 각각 7개 건축물로 3%의 비율을 차지하며, 판매용 건물의 경우 친환경 건축물 인증을 받은 건물이 없는 것으로 나타났다.

■ 표 4-17. 연도별 친환경 건축물 인증 현황

2002	2003	2004	2005	2006
3	3	14	32	163

공동주택	주거복합	업무용	학교	판매
171	7	30	7	0

자료: 송승영, 국내 친환경 건축물 인증제도 개요 및 현황

### 3) 전기수요 관리 정책

전력의 수요를 줄이기 위한 정책은 크게 보아 전력의 가격을 할인하거나 초과로 부과하는 가격 정책이 있고, 애초에 에너지를 적게 사용하는 고효율 기기의 사용이 있을 수 있다.

전력수요는 타 상품과 달리 수요 관리에 있어 피크타임이 중요한 역할을 하며, 전력 생산은 이 전력이 최대 소비될 때를 기준하여 생산된다. 만약 최대 전력 사용 시점에 맞추어 그만큼의 전력을 공급하지 못하게 되면 정전으로 인해 소비자들에게 불편을 끼치게 된다. 또한 전력 수요가 어떤 시간대에 매우 적더라도 대규모의 설비를 정지시킬 수 없어 일정 수준의 전력은 공급하여야 하므로, 발전 설비의 부하율을 관리해 줄 필요가 있으며, 사용되는 전력 수준이 비슷하다면 최대 전력수요와 최소 전력수요의 차이가 적은 편이 바람직하다. 피크타임 전력을 줄여야 발전소 가동률과 전력 생산량이 줄어들기 때문에, 피크타임 전력을 줄이는 것이 온실가스 저감에도 도움이 된다고 볼 수 있다.

따라서 현재 운영되고 있는 정책하에서는 많은 경우 최대 사용 시점의 발전소 부하를 낮추고 심야 시간 등 전력을 잘 사용하지 않는 시점의 에너지를 저장하는 등 부하 관리가 중요한 이슈이다.

표 4-18. 전력 가격 정책 현황

기본요금 피크연동제	최대 수요 전력을 설치한 고객에게 연중 최대요금을 기준하여 기본요금만을 부과하고 설정한 최대수요를 초과하는 경우 다음에는 이에 따라 요금이 부과되므로 수요 억제를 유도할 수 있음
시간대별 차등요금제도	전력수요가 높은 시간대에는 고율의 요금, 그렇지 않을 때는 저율의 요금을 부과
계절별 차등요금제도	여름에 요율을 높여 냉방수요 억제
심야전력 요금제도	심야시간대에 축냉이나 축열설비 보유한 고객에게 심야 전력을 제공함
지정기간 수요조정제도	일정수준이상 전력사용을 줄이는 경우 지원금을 제공함
직접부하제어 지원제도	산업용과 일반용 대형고객을 대상으로 사전 약정 후 고객의 전력수요가 설정한 최대 부하를 넘을 것 같으면 원격조정으로 전력을 줄임

자료 : 한국전력 홈페이지, www.kepco.co.kr

〈표 4-18〉은 전기 가격을 정책 수단으로 삼는 절약 정책들이다. 기본요금 피크연동제, 시간대별/계절별 차등 요금제, 심야전력 요금제, 직접부하제어 지원 등의 대부분의 정책이 부하 관리와 밀접한 연관이 있으며, 지정기간 수요 조정제는 전력을 절약하는 경우에 인센티브를 부여하고 있다.

전기효율이 높은 기기를 보급하여 개인 사용자들의 행태를 바꾸지 않더라도 에너지를 절감하는 정책도 도입되어 있으며, 대략적인 현황은 다음의 표와 같다. 기본적으로 가격 정책과 마찬가지로 대부분이 부하 관리에 초점이 맞추어져 있다. 축냉식, 축열식 장비 보급은 심야전력 정책과 맥락이 닿아 있는 정책으로써 야간에 열기나 냉기를 보관하여 주간에 사용하는 기기이다.

원격제어 에어컨은 개인 사용자들의 소비 패턴에 개입한다는 점에서 특징이 있다. 이는 앞서 소개한 일본의 e-빌딩에서 에너지 사용을 중앙에서 통제하는 시스템 등과 유사한 점이 있다. 또한 고효율 조명기기 등을 보급하여 전기 절약을 유도하고 있다.

표 4-19. 심야전력 저감기기, 고효율 기기 보급 정책 현황

축열식 난방, 온수기기 보급	심야전력을 줄이기 위하여 심야시간에 열이나 냉기를 축적시켜 낮에 사용하게 하는 방법으로 이러한 장치 설치 시 보조금 지급
축냉식 냉방설비 보급	
원격제어 에어컨 보급	원격제어 에어컨 설치자에게 보조금 제공, 에어컨은 중앙에서 컨트롤됨
고효율 조명기기/인버터/변압기	해당 기기 설치자에게 기기가 절감하는 에너지 수준에 맞추어 보조금 지원

자료 : 한국전력 홈페이지, www.kepco.co.kr

그 외 다른 정책으로써 지식경제부에서는 『에너지이용 합리화법』 제18조 및 제19조 등에 따라 대기전력 우수 상품을 선정하여 인증하는 제도를 운영하고 있다.

### 3. 해외 온실가스 감축정책 추진동향 및 성과

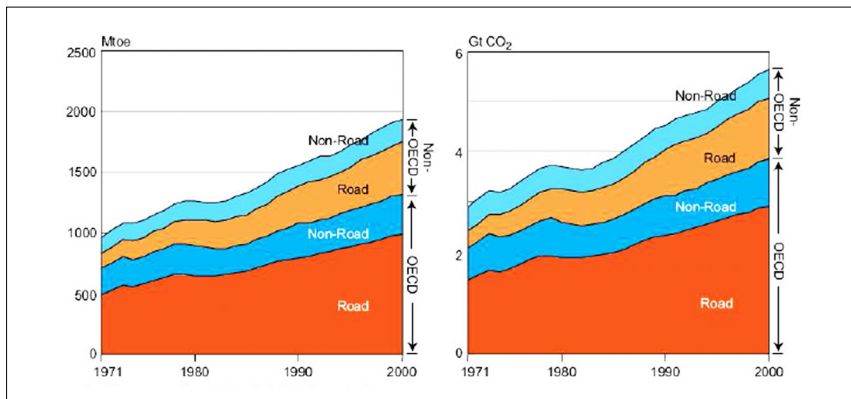
#### 가. 수송부문 온실가스 감축정책 추진 동향 및 성과

##### 1) 수송부문 온실가스 배출 추이 및 전망

국가 경제발전과 국민복지에 중요한 요소인 수송활동은 경제가 성장할수록 증가한다. 이와 같이 증가하는 수송량은 교통사고와 교통체증, 대기오염, 석유의존 등의 문제들을 유발하며, 이 문제들은 경제가 급속히 발전하는 개발도상국 들에서 특별히 심화되고 있다. 수송 분야에서 소비 되는 에너지의 95%는 석유에서 공급되고 있을 정도로, 수송 분야는 석유에 집중되어 있다. 지난 십년동안 수송 분야의 온실가스 배출량은 다른 에너지 분야보다 더 빠른 속도로 증가하고 있다. 2004년도에 수송부문의 이산화탄소 배출량은 총 6.3 Gt CO<sub>2</sub>이며 최종소비자부문들 중 가장 빠른 속도로 증가하고 있다. 현재 도로수송은 수송부문 전체 이산화탄소 배출량의 74%를 차지하고 있다. 비 OECD국가들은 수송부문의 전체 이산화탄소 배출량의 36%를 차지하고 있으며, 2030년도에는 46%까지 급속도로 증가할 것으로 예상된다.<sup>21)</sup>

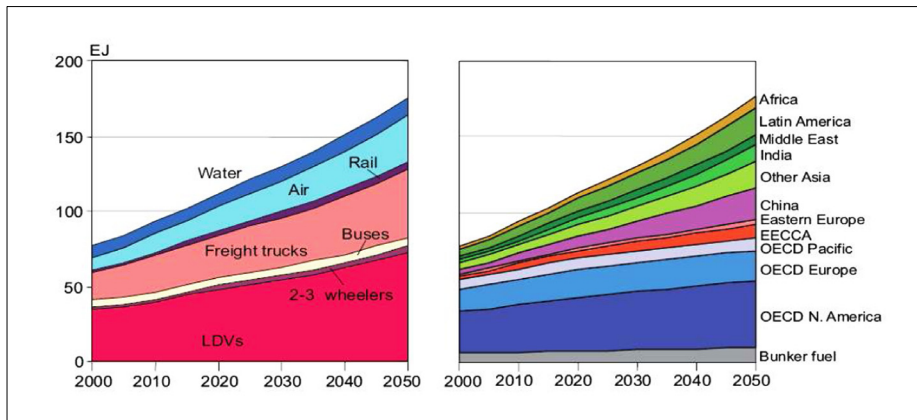
경제가 발전함에 따라 교역량의 증가로 인해 수송활동은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다. 아직 전 세계 인구의 대다수가 개인 수송차량을 이용하지 못하고, 심지어 어떠한 형태의 차량도 이용하지 못하고 있는 상황이다. 그러나 이러한 상황은 급속히 변화하고 있다. 수송량은 향후 십 여년 동안 증가할 것으로 확실히 예상되는데, 현재 수송 부문의 에너지 이용현황에 큰 변화가 없으면 전 세계 수송부문의 에너지 소비량은 매년 약 2%씩 증가할 것이다. 특히 개발도상국들의 빠른 경제성장은 수송 부문의 에너지 소비량과 이산화탄소 배출량을 촉진시켜, 2030년도에는 현재 수준보다 약 80%까지 증가시킬 것이다.

온실가스 배출 감축문제는 향후 수십 년간 수송부문이 직면하게 될 가장 큰 중요한 사안이 될 것이다. 경제발전과 수송은 매우 긴밀한 관계를 유지하고 있다. 경제발전은 교통수요를 증가시키고, 교통수단 개발은 더 많은 교역량과 경제 분업을 촉진시켜 경제발전에 기여한다. 1990년부터 2002년 동안 최종소비자 부문에서 수송부문이 가장 높은 에너지 소비 증가세를 보이고 있다. 수송부문의 주요 에너지원은 화석연료로서, 디젤이 전체 에너지 소요량의 31%, 가솔린이 47%를 공급하고 있다. 그러나 이러한 화석연료 소비는 온실가스 배출과 직결되기 때문에, 수송부문 세부 분야들의 CO<sub>2</sub> 배출량은 에너지 소비량과 비례하는 것으로 나타난다(〈그림 4-1〉 참조).



■ 그림 4-1. 수송부문 에너지 소비 및 온실가스 배출 추이

전 세계 수송부문의 에너지 사용량에 대한 두 가지 대표적인 전망은 미국 에너지정보행정부(United States Energy Information Administration)에서 내놓은 “2005 국제 에너지 전망(International Energy outlook 2005; IEA 2005)”과 국제에너지기구(International Energy Agency)에서 내놓은 “2004 세계 에너지 전망(World Energy outlook 2004; IEA 2004a)”을 들 수 있다. 세계경영위원회(World Business Council)의 지속가능한 발전에 대한 최근 연구인 “Mobility 2030”에서도 수송부문의 에너지 소비량에 대하여 전망하고 있다. 이러한 예측은 세계 석유 공급이 큰 폭으로 증가하는 석유 수요를 충분히 만족시킬 수 있다는 것과 세계 경제가 큰 불황 없이 지속적으로 성장할 것이라는 것을 가정하고 있다. 이러한 가정에 따라 위 세 가지 연구는 장차 수십 년에 걸쳐 에너지 소비량이 급증할 것이라고 전망하고 있으며, 연간 2%씩 증가할 것으로 내다보고 있다. 이것은 <그림 4-3>과 같이 2030년도 수송부문에너지 소비량이 2002년도에 비하여 80% 증가할 것을 의미한다. 또한, 이러한 에너지 소비량의 증가는 대부분 화석연료에 의하여 충족될 것으로 예측되고 있는데, 수송 연료의 93~95%가 석유를 이용할 것으로 판단된다. 그 결과 CO<sub>2</sub>배출량은 <그림 4-2>과 같이 에너지 소비량과 함께 급속히 증가할 것이다.<sup>22)</sup>



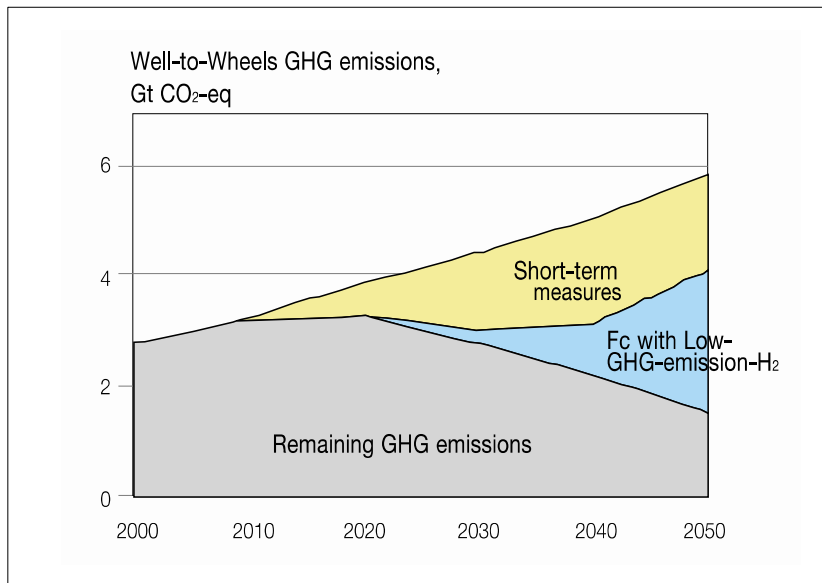
■ 그림 4-2. 지역 및 수송수단별 에너지 예상소비량

22) IEA(2007)

## 2) 수송부문 정책수단별 온실가스 감축 잠재력

IEA는 수송부문의 전 세계 온실가스 배출량을 감축하기 위한 한 가지 시나리오를 평가한 기술보고서를 발표한 바 있다(IEA, 2004b). 이 시나리오는 연료전지차량과 수소연료 기반시설의 발전을 비롯해서 다양한 단기적 조치들을 포함하고 있다. 장기적 조치들을 통해 연료전지 차량이 Light-duty 차량판매에서 차지하는 비중이 2030년까지 10%, 2050년까지 100%에 이르고, 가솔린 차량에 비하여 2050년까지 차량별 온실가스 감축량이 75%가 되는 것을 목표로 할 것이다. Light-duty 차량들에 대한 단기적 조치들은 다음과 같다.

가솔린과 디젤차량들의 연비를 IEA의 기본 시나리오에 대비해서 2020년도까지 5%, 2050년까지 35%까지 향상시킨다. 하이브리드자동차의 보급량이 2040년까지 50% 증가한다. 바이오연료의 보급률이 2050년까지 25% 증가하고, 연료주기 기준으로 단위 거리당 온실가스 배출량이 가솔린보다 50% 낮아지면서 바이오연료가 광범위하게 도입된다. 기본 시나리오보다 2050년까지 통행수요가 20% 감소한다. <그림 4-3>은 이 시나리오에서 Light-duty 차량의 온실가스 배출량



■ 그림 4-3. Light-duty 차량에 대한 온실가스 감축 시나리오

결과들을 보여주고 있다. 연료전지 차량의 보급화는 2050년까지 2000년도 수준으로 온실가스 배출량을 저감시킨다. 더 단기적인 조치들에 의해 온실가스 배출은 2020년에 최고치를 보이고 2050년에는 2000년도 배출량의 절반 수준으로 감소한다.<sup>23)</sup>

현재 가솔린 내연기관에 도입되는 기술들의 연료소비 및 온실가스 감축량은 다음과 같다.

■ 표 4-20. 가솔린 내연기관에 도입되는 기술들의 연료소비 및 온실가스 감축량

차량 기술	차량별 이산화탄소 감소량(%)
디젤차	18
하이브리드차	30(디젤하이브리드차: 36)
바이오연료	20~80
화석연료를 이용한 수소연료전지차	45
탄소중립적인 수소연료전지차	100

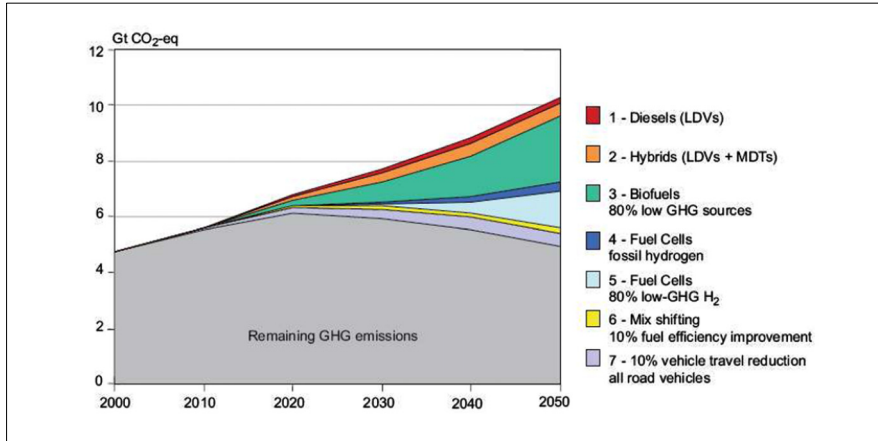
자료 : IEA(2007)

〈그림 4-4〉은 모든 기술들의 시장 점유율을 가정하고 대형차와 개선된 수송체계를 선호하는 소비자들에 가정된 변화가 발생했을 때, 가능한 시나리오의 영향을 보여주고 있다. 이 시나리오는 다음과 같은 사항들을 가정하고 있다.

- (a) 2030년까지 디젤 차량이 Light-duty 차량과 중형트럭의 45%를 차지한다.
- (b) 2050년까지 수송용 액체연료의 1/3이 바이오연료이다.
- (c) 2050년까지 수소연료의 80%를 탄소 중립적 방식으로 생산하면서, 판매되는 Light-duty 차량과 중형트럭의 50%가 연료전지 차량이다.
- (d) 개선된 수송체제와 다른 효율개선 조치들이 온실가스 배출을 10% 저감한다.
- (e) 공기역학적 개선과 타이어 성능향상 등 차량기술이 꾸준히 발전하고 소비자들의 차량 크기와 동력에 대한 선호도가 감소하면서, 연간 0.6%씩 Light-duty 차량의 기본 효율이 개선된다.

23) IEA(2007)

이 시나리오에서는 온실가스 배출이 2050년에는 2000년도 수준으로 회복될 것이라고 전망하고 있다.<sup>24)</sup>



자료: WBCSD(2004)

■ 그림 4-4. 수송부문의 정책수단별 온실가스 감축 잠재량 전망

IEA 등에서 수행된 최근 분석 자료들을 검토하여 보면, 수송부문의 CO<sub>2</sub> 배출 감축잠재력에 대한 연구결과를 <표 4-21>와 같이 요약할 수 있다.

■ 표 4-21. 수송부문의 온실가스 감축잠재력에 대한 주요 연구결과 요약

연구	감축 수단/정책	지역	CO <sub>2</sub> 감축 (Mt)				CO <sub>2</sub> 감축 (Mt)			
			2010	2020	2030	2050	'10	'20	'30	'50
IEA 2004a	대체 시나리오	전세계	2.2	6.8	11.4		133	505	997	
		OECD	2	6.9	11.5		77	308	557	
		개도국	2.8	6.8	11.4		49	170	381	
		전환국	2.3	6.2	11.2		8	27	59	
IEA 2001	연료효율 향상 기술 디젤	OECD		30	40					
				5-15						

24) IEA(2007)

■ 표 4-21. 수송부문의 온실가스 감축잠재력에 대한 주요 연구결과 요약(계속)

연구	감축 수단/정책	지역	CO <sub>2</sub> 감축 (Mt)				CO <sub>2</sub> 감축 (Mt)			
			2010	2020	2030	2050	'10	'20	'30	'50
IEA 2002a	모든 시나리오 포함	NA	6.6	14.4			148	358		
	모든 시나리오 포함	서유럽	6.6	15.6			76	209		
	모든 시나리오 포함	일본	8.3	16.1			28	61		
IEA 2004d	연료 효율 향상 바이오연료 수소연료전지차 위 세 가지를 혼합	전세계			18 12 7 30					
IEA 2004b	km당 연료 사용 감소 바이오연료 혼합 경량차 운행증가 차량에 수소 사용	세계		15 5 5 0	25 8 10 3	35 13 20 75				
ACEEE 2001	A 시나리오	미국	9.9	26.3			132	418		
	B 시나리오		11.8	30.6			158	488		
	C 시나리오		13.2	33.4			176	532		
MIT 2004	기준선(Baseline) 중형 하이브리드차 합성물 연관 정책들	미국			(15) 3.4 5.2 14.9 14-24					
Greene & Schafer 2003	연료효율 기준 경량차 대형트럭 상업용 항공기	미국		(15) 6 2 1						
	대체연료 저탄소 대체연료 수소연료 (모든 경차연료)			2 1	7 4					
	가격 정책 저탄소 연료 보조금			2	6					

표 4-21. 수송부문의 온실가스 감축잠재력에 대한 주요 연구결과 요약(계속)

연구	감축 수단/정책	지역	CO <sub>2</sub> 감축 (Mt)				CO <sub>2</sub> 감축 (Mt)			
			2010	2020	2030	2050	'10	'20	'30	'50
Greene & Schafer 2003	탄소의 가격화 변화성			3 6	6 9					
	행동 토지 이용 & 인프라 시스템 효율 기후변화교육 연료 효율 정보			3 0 1 1	5 1 2 1					
	합계			22	48					
	WEC 2004	신기술	전세계	30		46				
WBCSD 2004b	도로 운송 디젤차량	전세계		0.9	2.1	1.8		61	160	181
	하이브리드차		2.4	6.1	6.1		161	474	623	
	바이오연료 - 온실가스 80% 저감		5.7	15.6	29.5		386	1,207	3,030	
	연료 전지 - 화석연료 수소		5.9	16.7	32.7		400	1,293	3,364	
	연료 전지- 80% 낮은 수소		5.9	17.2	45.3		400	1,333	4,650	
10% 연료효율 개선			6.7	18.8	47.3		451	1,455	4,864	
모든 차량 10%운행 저감			9.4	22.8	51.9		639	1,765	5,335	

자료 : IEA(2007)

### 3) 주요국의 수송부문 온실가스 감축정책 수단 및 성과

#### 가) 주요 감축정책 및 수단

##### ① 과세 및 가격 정책

수송부문에서 가격정책이란 차량 구입과 이용에 영향을 미쳐 시장가격을 변동시키는 일련의 조치들이다. 도로 교통부문에 적용되는 전형적 조치들은 연료 가격 및 세금, 차량 등록비, 운전면허 비용, 연간 자동차세, 통행료, 주차비 등에 관한 사항들이다. <표 4-22>는 일부 국가들에서 시행되고 있는 세금 및 가격 관련조치에 관한 사례들을 보여주고 있다.

■ 표 4-22. 선진국과 개도국의 수송부문 온실가스 감축을 위한 과세 및 가격정책

정책수단	개발도상국/EIT	선진국
천연가스 사용을 장려하기 위한 세제혜택	파키스탄, 아르헨티나, 콜롬비아, 러시아	이탈리아, 독일, 호주, 아일랜드, 캐나다, 영국, 벨기에
천연가스차량 보급확대를 위한 인센티브	말레이시아, 이집트	벨기에, 영국, 미국, 호주, 아일랜드
도로세	싱가포르, 인도	독일
배출권 거래제	칠레	
지역통행허가제를 포함한 혼잡세; 차량등록세; 운행세	칠레, 싱가포르	노르웨이, 벨기에
친환경차량에 적용되는 배출세 감면을 기반으로 한 자동차세. 예를 들어 전기자동차 또는 대체연료차량	대한민국	오스트리아, 영국, 벨기에, 독일, 일본, 네덜란드, 스웨덴
엔진 크기에 따른 탄소세	짐바브웨	

자료: IEA(2007)

세금과 가격정책은 정부의 세입을 증가시킬 뿐만 아니라 여행 수요와 연료 소비에 영향을 끼쳐 온실가스 감축을 실현시킬 수 있는 발판이 된다. 수송부문의 가격정책은 사회복지에 중요하

게 기여할 수 있다. OECD 보고서(2003)에 의하면, 영국과 프랑스, 독일의 경우 정부의 한계비용 수준에서 가격을 책정하면 총 복지관련 세입이 연간 200억 달러에 이를 것으로 추정되었다. 가격 정책은 온실가스 감축과 더불어 대기오염 저감, 소음 및 교통체증 해소, 교통사고 감소 등의 시안들과도 깊이 연관되어 있으며, 더 나아가 지방자치단체의 세입을 증강하여 복지 증진과 인프라 신축 및 유지에 소요되는 예산을 확보하는 목적도 있다.<sup>25)</sup>

일반적으로 연료비가 낮은 지역들에서는 연비도 낮으며(미국, 캐나다, 오스트레일리아), 연료세 때문에 연료비가 비싼 지역들에서는 상대적으로 연비가 높다(일본, 유럽). 한 예로, 영국의 연료세는 미국보다 8배 높고 연료비는 3배 높는데, 영국 차량들의 연비가 2배 정도 더 높고 총 주행거리(Mileage travelled)는 20% 더 낮을 뿐만 아니라, 국민의 차량 보유율도 더 낮고, 국민 1인당 연료지출비도 낮다. 장기적으로 보았을 때, 자동차 이용은 가격 차이에 민감한 것이 명확하게 나타난다. 이론적으로 연료비가 연료소비량에 미치는 영향은 단기적인 측면보다 장기적인 측면에서 보았을 때 2~3배 그 효과가 더 크다. 가격탄력성에 근거하여 선진국의 경우를 분석하면, 연료비가 10% 상승하여 유지되면 도로주행차량에 의한 연료소모량은 부피 기준으로 1년 내 2.5% 감소하고 5년 이상 경과하면 6%까지 감소한다(〈표 4-23〉 참조). 연료세 및 탄소세의 영향이

■ 표 4-23. 연료비 10% 인상 시의 실제영향

	단기/1년 이내(%)	장기/5년(%)
교통량	-1	-3
연료소비량	-2.5	-6
차량 연료효율	-1.5	-4
자동차 소유권	-1 미만	-2.5

자료 : Goodwin et. al.(2004)

제한되는 주요 원인은 가격탄력성이 수요의 소득 탄력성보다 훨씬 더 작은 경향을 보이기 때문이다. 장기적으로 보면 수요의 소득탄력성은 총 수송 수요의 가격탄력성보다 1.5~3배 더 크다.<sup>26)</sup>

25) IEA(2007)

■ 표 4-24. 수송부문의 세금 및 가격정책이 온실가스 감축에 미치는 영향 연구

세금/가격정책	잠재적 에너지/GHG 저감 혹은 운행 개선	비고
혼잡세 부과를 기반으로 한 최적의 도로 가격 책정(영국 런던)	통행량이 18% 감소한 결과 CO <sub>2</sub> 발생량 20% 감소	Transport for London (2005)
남산 터널의 혼잡세 부과 (대한민국 서울)	승객 운송량 피크의 34% 감소 시속 20km에서 30km로 교통 흐름 개선	World Bank(2002)
연료 가격책정과 과세	차량 운전자가 15~20% 감소.	Martin et. al,(1995)
지역통행허가제 (싱가포르)	매일 1,043GJ의 에너지를 절약 차량 통행량이 50% 감소. 개인 통행량이 75% 감소 통행 속도가 시속 20km에서 33km로 증가	Fwa (2002)
도시 휘발유 세금 (캐나다)	2010년까지 1.4Mton, 2020년까지 2.6Mton	Transportation in Canada: <a href="http://www.tc.gc.ca/pol/en/Report/anre1999/tc9905be.htm">www.tc.gc.ca/pol/en/Report/anre1999/tc9905be.htm</a>
스톡홀름의 혼잡세 (2005-2006)	CO <sub>2</sub> 발생량 13% 감소	<a href="http://www.stockholmsforsoket.ss/templates/page.aspx?id=2453">http://www.stockholmsforsoket.ss/templates/page.aspx?id=2453</a>

자료 : IEA(2007)

Annema et. al.(2001) 연구에 따르면 자동차 등록세가 연간 자동차세보다 연비개선을 더 촉진시키는 것으로 나타났다. 새로운 자동차를 구매하는 소비자들은 자동차를 판매할 때 증가된 자동차 등록세를 양도할 수 있을지를 기대하지 않는다. 네덜란드에서는 크기가 유사한 다른 차종에 비하여 연비가 좋은 자동차에 대한 등록세 환급금을 지급하는 정책 덕분에 고 연료효율 자동차의 판매량이 증가하였다. 그래서 일반 차량보다 20% 이상 또는 10~20% 범위 내 연료효율이 좋은 자동차들의 판매비율은 각각 0.3%에서 3.2%, 9.5%에서 16.1%로 증가하였다. 그러나 그러한 환급금 정책을 폐지하자, 고 연료효율 자동차의 판매비율은 다시 감소하고 있다. COWI(2002)는 CO<sub>2</sub>배출을 기준으로 현재 자동차 등록세와 연간 자동차세를 개정하였을 때, 연료효율이 변화되는 양상을

묘사하였다. 그 결과 유럽의 9개 국가들에서는 감소비율이 3.3~8.5%에 이른 것으로 나타났다.

## ② 바이오연료 보급 촉진 정책

바이오연료 보급 촉진 정책들은 온실가스 배출 감축의 정책 중에서도 매우 중요한 비중을 차지하고 있다. CO<sub>2</sub> 감축에 대한 바이오연료의 기여는 원료 생산공정(Well-to-tank)에서 주로 기인하기 때문에, 기후정책으로서 바이오연료 보급에 대한 인센티브를 더욱 효과적으로 조성하기 위해서는 정책들을 전체 연료주기(Well-to-wheels) 상에서 CO<sub>2</sub> 효율과 연계시켜야 한다. 따라서, 전체 연료주기 상의 순 CO<sub>2</sub> 저감량을 기준으로 각 바이오연료들에 대한 세금과 보조금 등을 차등적으로 적용해야 할 필요가 있다. 다음은 실행 중이거나 계획이 진행되고 있는 바이오연료 소비촉진 인센티브 제도들이다.

브라질은 바이오연료 소비 촉진정책을 최초로 시행한 국가 중 하나이다. 현재 다중연료 자동차는 15~28% 정도의 감세혜택을 연방정부로부터 받을 수 있다. 추가적으로 모든 가솔린은 알코올 함유량을 20~24%로 법적으로 만족시켜야 한다. EU의 바이오연료 시행령에 의해 EU 국가들은 다양한 정책들을 시행하고 있다. 현재 대부분의 EU국가들은 소비세 면제 제도를 시행하고 있다. 오스트레일리아, 스페인, 스웨덴, 네덜란드, 영국은 의무 부과세를 시행하고 있거나 수 년 이내에 시행할 예정 중에 있다. 스웨덴과 오스트레일리아는 탄소세도 시행하고 있다. 2004년도부터 시행하고 있는 American Jobs creation 시행령은 알코올과 바이오디젤 연료에 대한 세금 인센티브를 제공하고 있는데, 인센티브 금액은 0.5~1.0 US\$/gallon(약 0.11~0.21 £/ℓ)으로 책정되어 있다. 일부 39개 주(州)들은 바이오연료 사용을 증진시키기 위해 추가적인 정책 프로그램이나 지원시스템을 개발하였다. 이러한 정책들은 바이오연료를 제조하거나 분배하는 공급원들에 대한 세금을 감면하는 형태로 개발되어 있으며, 행정기관의 차량들에 대해 의무적인 목표치를 갖고 더 많은 다중연료 차량을 구매할 경우 세금감면이나 보조금을 지급하고 있다. 2006년에 미국이 바이오연료에 지급한 보조금 총액은 51~68억 달러에 이른 것으로 추정된다. 이 중 절반은 세금 감면 형태로 지원되었으며, 절반은 에탄올 생산을 위한 옥수수 재배 지원에 소요되었다. 다중연료에 대한 새로운 의무조항들은 중국과 캐나다, 콜롬비아, 말레이시아, 태국에서도 시행되고 있다.

중국의 4개 지방에서는 주요 도시들에 다중연료 사용기한을 추가시켰고, 결과적으로 다중연료 의무조항을 시행하는 곳이 9개 지방으로 증가하였다.<sup>27)</sup>

### ③ 연비 기준(도로부문)

최초의 연비 관련규정은 1975년에 미국에서 제정되었는데, 이 규정은 1985년까지 승용차의 연비가 27.5mpg(8.55L/100km)를, 소형트럭의 연비가 20.7mpg(11.36 L/100km)를 만족하도록 제한하였고, 미 환경청에서 차량의 연비를 'CAFE' 드라이빙 사이클에 따라 평가하도록 하였다. 소형 트럭의 연비에 대한 기준은 최근 들어 계속 엄격해지는 반면, 승용차의 연비에 대해서는 아직까지 변화가 없는 상황이다. 2007년도 생산되는 소형트럭들은 22.2mpg(10.6L/100km)의 연비를 만족해야 하며, 2010년도 모델들은 23.5mpg(10.0L/100km) 수준의 연비를 만족해야 한다<sup>28)</sup>.

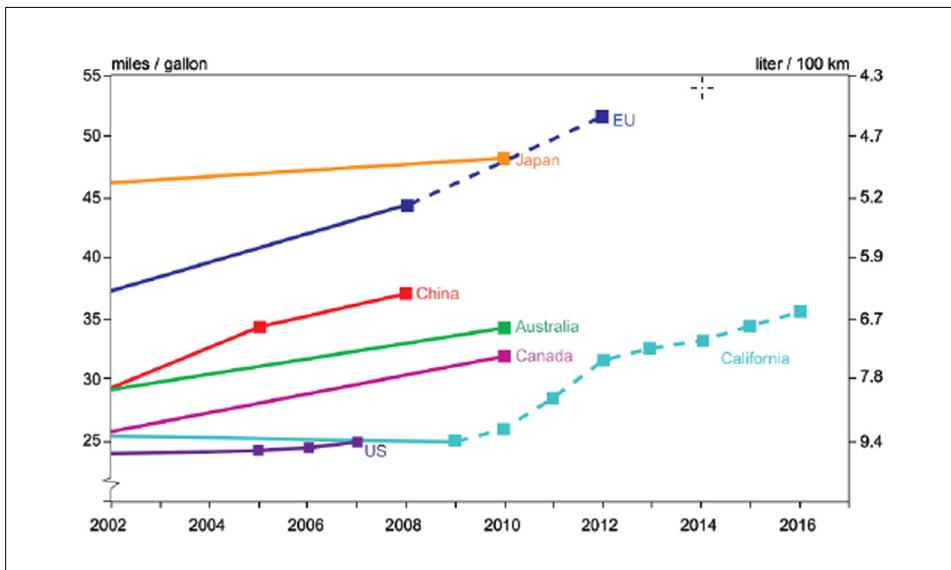


그림 4-5. 주요국의 연비 및 온실가스 배출기준 추이 및 전망

27) IEA(2007)

28) 오바마 행정부는 2015년 이후 승용차 연비를 갤런당 39마일(16.6km/l)로 높이기로 하였음.

연비기준이나 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 등과 같은 규제기준 이외의 대체 수단들이 지속적으로 연구되어야 할 필요가 있다. 한 예로, 차량의 평균보다 더 높은 연비를 갖춘 차량에 대해서는 환급 혜택을 주고, 평균보다 연비가 더 낮은 차량에 대해서는 차등세금을 부과하는, 이른바 연비보상제(feebate)는 시장기반의 조치로서 운송부문의 연비를 개선시킬 수 있다. 연비보상제는 자동차 제조사들이 시장 혜택을 받기 위해서 현재 평균보다 더 효율이 좋은 차량을 꾸준히 개발하고 시판함으로써, 연비 개선을 지속적으로 촉진시킬 수 있다는 장점을 갖고 있다.<sup>29)</sup>

#### 나. 수송부문의 온실가스 저감정책 성과

지금까지 OECD 국가들을 중심으로 이행되었거나 추진 중인 수송부문의 주요 이산화탄소 감축정책 수단들의 CO<sub>2</sub> 예상 저감효과를 정책유형별로 요약하면 <표 4-25>와 같이 나타난다.

■ 표 4-25. OECD 국가의 수송부문 정책유형별 CO<sub>2</sub> 저감 효과비교

Impact Type	Measure Type	Average "Percentage Impact"	Range of "Percentage Impact"	Number of Countries with Active Policies	Targeted CO <sub>2</sub> Emission	CO <sub>2</sub> Saving from Active Policies in 2010 (Million tonnes)
Carbon Intensity	Fiscal e.g. biofuel subsidies	1.9%	0.1%-7.3%	19	73%	66
	information and Education e.g. US federal information programmes for state and local government			1	48%	28
	Investment e.g. grants for biofuel production facilities	1.3%	0.1%-0.4%	7	11%	3.7

29) IEA(2007)

■ 표 4-25. OECD 국가의 수송부문 정책유형별 CO<sub>2</sub> 저감 효과비교(계속)

Impact Type	Measure Type	Average "Percentage Impact"	Range of "Percentage Impact"	Number of Countries with Active Policies	Targeted CO <sub>2</sub> Emission	CO <sub>2</sub> Saving from Active Policies in 2010 (Million tonnes)
Carbon Intensity	Regulatory e.g. biofuel obligation	2.6%	2.5%-2.8%	3	4%	4.2
	Voluntary Agreement e.g. voluntary biofuel obligation	1.3%		1	0%	0.2
Demand	Fiscal e.g. truck-km charge	2.1%	0.2%-3.5%	4	6%	12
	Information and education e.g. information on how to reduce a company's freight needs.			1	1%	6
Fuel Efficiency on-road	Fiscal e.g. fiscal incentives for devices such as eco2ometers	1.1%	0.4%-1.8%	1	4%	2
	Information and Education e.g. driver training	2.8%	0.5%-4.0%	12	22%	22
	Investment e.g. logistics management system			1	0%	0.2
	Regulatory e.g. speed limiters	1.8%	0.3%-4.6%	10	36%	24
	Voluntary Agreement-Freight e.g. the US Smart Way programme	1.8%	0.5%-3.8%	3	49%	66

표 4-25. OECD 국가의 수송부문 정책유형별 CO<sub>2</sub> 저감 효과비교(계속)

Impact Type	Measure Type	Average "Percentage Impact"	Range of "Percentage Impact"	Number of Countries with Active Policies	Targeted CO <sub>2</sub> Emission	CO <sub>2</sub> Saving from Active Policies in 2010 (Million tonnes)
Fuel Efficiency Technical	Fiscal- Fuels e.g. carbon tax	7.1%	3.7%-15.4%	6	23%	62
	Fiscal Vehicles e.g. road tax differentiation	4.3%	4.2%-4.5%	14	69%	60
	Information and Education e.g. product labelling	2.2%	0.5%-3.4%	14	30%	16
	Investment e.g. government procurement of more efficient vehicles			8	61%	73
	Regulatory e.g. US CAFE regs.	1.9%	1.1%-2.8%	3	55%	27
	Voluntary Agreement e.g. EU-ACEA agreement	4.6%	0.7%-9.6%	5	32%	86
Modal Shift	Fiscal e.g. fares support	1.3%	0.01%-3.5%	7	60%	15
	Information and Education e.g. promoting travel planning	0.9%	0.3%-1.6%	6	59%	17
	Investment e.g. bus purchase	1.3%	0.1%-3.5%	21	70%	34
	Regulatory e.g. restriction vehicle-kilometres from new development			3	1%	0.6

자료 : OECD, Cutting Transport CO<sub>2</sub> Emissions- What Progress?, 2007

〈표 4-26〉는 OECD국가에서 시행하고 있는 수송부문 정책수단 22개중 이산화탄소 저감효과가 2% 이상인 정책(효과성이 높은)을 나타내고 있다. 각 국의 온실가스 저감 정책은 연료사용량에 따른 세금을 부과하는 방식이 ‘Percentage Impact’ 평균 (7.1%)에서 가장 높은 영향을 미칠 것으로 예상되었으며, 자동차 제작사의 자발적인 연비기술개선, 세금 인센티브, 에코드라이빙과 같은 친환경 운전 방식의 교육, 연료에 포함된 탄소함유량 저감의 법제화, 연비라벨표시와 같은 소비자에게 친환경 정보를 인식시키는 정책 및 운행거리에 따른 세금부과 등이 저감효과가 높을 것으로 예상되었다.

■ 표 4-26. OECD 국가의 수송부문 CO<sub>2</sub> 평균 저감효과 순위

순위	정책수단	‘Percentage Impact’ 평균 (%)	‘Percentage Impact’ 범위 (%)	정책 도입 국가 수	2010년 예상 CO <sub>2</sub> 감축량 (백만 톤)
1	연료 사용에 따른 세금 증가 · Fuel Duty Escalator- UK · Ecological Taxation- 독일 · 연료 은폐 방지를 위한 연료누적량 세금- 아일랜드	7.1	3.7~15.4	6	62
2	자동차 제작사의 자발적인 연비기술 개선 · EU, 한국, 일본 자동차제조사 연비개선동의 · 오스트레일리아, 캐나다, 스위스 등의	4.6	0.7~9.6	4	86
3	세금 인센티브에 의한 연비기술 개선 · 출력에 따른 차등 세금 - 오스트리아 · 연비와 연료에 따른 차등 구매 세금- 덴마크	4.0	3.2~4.5	14	22
4	운전교육에 의한 운행차 연비개선 · 에코드라이빙	2.8	0.5~3.95	11	60
5	연료의 탄소함유량 저감 법제화 · 바이오연료 사용	2.6	2.5~2.8	3	4
6	정보에 의한 연비기술개선 · 자동차 연비 라벨 개선- EU	2.2	0.5~3.4	14	16
7	운행세에 의한 운행 감소 · 트럭 운행 시 km당 부과 - 스위스, 독일, 오스트리아 · 법인차의 사적인 운행 시 - 스웨덴	2.1	0.2~3.5	4	12

자료: OECD, Cutting Transport CO<sub>2</sub> Emissions- What Progress?, 2007

〈표 4-27〉은 EU차원에서 실행 중이거나 시행 예정인 수송부문의 주요 정책수단별 유형 및 이산화탄소 감축성과 추정치를 나타내고 있다. 유럽, 일본 그리고 한국 자동차 업체와 맺은 EU의 자발적 이산화탄소 감축 협약이 가장 높은 이산화탄소 감축 성과를 나타낼 것으로 예상되며 그 다음으로 바이오연료 보급 확대 지원정책이 높은 감축성과를 나타낼 것으로 추정된다. 그리고 자동차세계의 이산화탄소 연계 개편방안도 높은 이산화탄소 감축효과를 나타낼 것으로 추정된다.

표 4-27. EU의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 성과

정책적 접근	정책명	상태	효과	유형	2010년 예상 감축효과 (MtCO <sub>2</sub> )
재정	도로 인프라 사용에 대한 중과세	계획	요구	도로 운송	-
	항공산업을 포함한 EU 배출권 거래 계획	연구 중	요구	항공	0.3~2(2012년)
	소비세율 최소화	실행 중	연료 효율성-기술	승용차, 화물차, 버스	-
	자동차세 개편	계획	연료 효율성-기술	자동차	32~35
규제	HFC-123a의 단계적 폐지	계획	기타	자동차	-
	속도 제한기	실행 중	연료 효율성-포장도로	도로 운송, 버스	-
자발적 합의	유럽, 일본 그리고 한국 자동차 업체와 맺은 EU의 협약	실행 중	도로 효율성-기술	자동차	75~80
투자	마르코 폴로 프로그램	실행 중	수송수단 전환	화물차	-
	STEER	실행 중	탄소 집약도	자동차	-
정보 및 교육	연료 효율성 정보라벨 부착차량 수요	실행 중	연료 효율성-기술	자동차	-
정책 실행	바이오연료 지원 (Directive 2003/30/EC)	실행 중	탄소 집약도	승용차, 화물차, 버스	35~40

자료 : OECD, Cutting Transport CO<sub>2</sub> Emissions- What Progress?, 2007

〈표 4-28〉는 미국에서 실행 중이거나 시행 예정인 수송부문의 주요 정책수단별 유형 및 이산화탄소 감축성과 추정치를 나타내고 있다. 미국에서는 화물차를 대상으로 한 연료효율성 개선이 가장 높은 이산화탄소 감축성과를 나타낼 것으로 전망되며 그 다음으로 CAFE 규범을 통한 온실가스 규제정책과 온실가스 배출 기준설정이 높은 감축성과를 나타낼 것으로 예상된다.

■ 표 4-28. 미국의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 예상감축 효과

정책적 접근	정책명	상태	효과	유형	2010년 예상 감축효과 (MtCO <sub>2</sub> )
재정	대기질 기준 (Smart Growth and Brownfields policies)	실행 중	수송 수단 전환	자동차	11
	에탄올 연방세 공제	실행 중	탄소집약도	자동차	
	연료과소비세 (Gas guzzler tax)	실행 중	연료 효율성-기술	자동차	
	하이브리드차량 세금 공제	실행 중	연료 효율성-기술	자동차	
규제	CAFE규범	실행 중	연료 효율성-기술	자동차	20
자발적 합의; 운송	지상 화물 운송 기준 (Smart Way Transport)	실행 중	연료 효율성-포장도로	화물차	33~66
투자	DOT 배기장치 배출량 감소	실행 중	수송 수단 전환	자동차	
	하이브리드차 및 전기자동차 보급 프로그램	실행 중	연료 효율성-기술	자동차	
정보와 교육	Clean City	실행 중	탄소집약도	승용차, 화물차, 버스	
	통근자 선택 프로그램 (Commuter Choice Leadership)	실행 중	수송 수단 전환	자동차	14

■ 표 4-28. 미국의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 예상감축 효과(계속)

정책적 접근	정책명	상태	효과	유형	2010년 예상 감축효과 (MtCO <sub>2</sub> )
조사 및 개발	바이오연료 프로그램	실행 중	탄소집약도	승용차, 화물차, 버스	
	청정자동차 기술	실행 중	연료 효율성 -기술	자동차	
	무공해자동차와 기타 R&D 프로그램	실행 중	탄소집약도	자동차, 화물차	
	차량시스템 기술개발	실행 중	연료 효율성 -기술	화물차, 버스	

자료 : OECD, Cutting Transport CO<sub>2</sub> Emissions- What Progress?, 2007

〈표 4-29〉은 독일에서 실행 중이거나 시행 예정인 수송부문의 주요 정책수단별 유형 및 이산화탄소 감축성과 추정치를 나타내고 있다. 독일에서는 화물차 통행료 부과와 대중 교육 홍보가 가장 높은 이산화탄소 감축성고를 나타낼 것으로 예상되며 그 다음으로 연비가 높은 차량에 대한 재정 지원과 대체 연료 보급 확대정책이 높은 이산화탄소 감축효과를 나타낼 것으로 추정된다.

■ 표 4-29. 독일의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 성과

정책적 접근	정책명	상태	효과	유형	2010년 예상 감축효과(MtCO <sub>2</sub> )
재정	유통세(휘발유, 경유차)	실행 중	연료 효율성 -기술	자동차	-
	환경세 개편	중단	연료 효율성 -기술	승용차, 화물차, 버스	5
	배출량에 따른 Landing fees	연구 중	연료 효율성 -기술	항공	1(2005년)
	연료효율이 높은 차량	실행 중	연료 효율성 -기술	자동차	1(2005년)

■ 표 4-29. 독일의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 성과(계속)

정책적 접근	정책명	상태	효과	유형	2010년 예상 감축효과(MtCO <sub>2</sub> )
재정	LKW Maut(화물차 통행료)	실행 중	수요	화물차	5(년2005)
	천연가스 차량 장려	실행 중	탄소집약도	자동차	-
	無유황 연료 사용 장려	중단	기타	자동차	2~5(2005년)
	주택조성금 제거	실행 중	수요	자동차	-
	여행보조금 제거(Travel subsidy)	실행 중	수요	자동차	-
	대중교통기금 개편	실행 중	수송수단 전환	자동차	-
	바이오연료에 대한 면세 (Directive 2003/30/EC와 연계)	실행 중	탄소집약도	승용차, 화물차, 버스	-
	항공 부가세	연구 중	수요	항공	2(2005년)
규제	SF6 제거	실행 중	기타	승용차, 화물차, 버스	0.7
	바이오연료 의무화 (Directive 2003/30/EC와 연계)	연구 중	탄소집약도	승용차, 화물차, 버스	-

자료 : OECD, Cutting Transport CO<sub>2</sub> Emissions- What Progress?, 2007

〈표 4-30〉은 일본에서 실행 중이거나 시행 예정인 수송부문의 주요 정책수단별 유형 및 이산화탄소 감축성과 추정치를 나타내고 있다. 일본에서는 승용차, 화물차 및 버스를 대상으로 한 Top Runner 프로그램에 따른 연료효율 향상정책이 가장 높은 이산화탄소 감축 성과를 나타낼 것으로 예상되며 그 다음으로 도로에서 지능형교통시스템(ITS)을 바탕으로 한 연료효율 증진 정책과 친환경차량 보급 확대를 위한 재정지원 정책이 높은 이산화탄소 감축효과를 나타낼 것으로 추정된다.

■ 표 4-30. 일본의 수송부문 온실가스 저감정책 유형 및 성과

정책적 접근	정책명	상태	효과	유형	2010년 예상 감축효과 (MtCO <sub>2</sub> )
재정	고성능 차량 재정 인센티브	실행 중	연료 효율성-기술적	자동차	2.6
	청정연료 차량 보급 증진	계획됨	탄소집약도	승용차, 화물차, 버스	2.2
	통신 장려	계획됨	수요	자동차	3.4
규제	Top runner프로그램에 따른 연료 효율성 향상	실행 중	연료 효율성-기술	승용차, 화물차, 버스	3.5~6.95
	속도 제한	실행 중	연료 효율성-도로	도로운송	0.8
투자	철도 편의성 증진	실행 중	수송 수단 전환	철도	0.3
조사 및 개발	철도 화물 운송 증진	실행 중	수송 수단 전환	도로운송	1.5
	공회전 저감 기술	실행 중	연료 효율성-도로	자동차	1.1
	차량 교통 수요 관리	실행 중	-	자동차	0.7
	선박 운송수단의 전환	실행 중	수송수단 전환	선박	2.6
	지능형교통시스템(ITS) 증진	계획됨	연료 효율성-도로	승용차, 화물차, 버스	3.7
	도로운행 감소	실행 중	-	승용차, 화물차, 버스	0.4
	교통안전 시설	실행 중	연료 효율성-도로	승용차, 화물차, 버스	0.7

자료 : OECD, Cutting Transport CO<sub>2</sub> Emissions- What Progress?, 2007

#### 다. 건물부문 온실가스 감축정책 추진 동향

다음에서는 건물 에너지 관리와 관련한 국외 정책에 대해서 알아보기 위해서 미국과 영국 그리고 일본 등 세 국가의 관련 정책에 대해서 살펴보도록 한다.

##### 1) 미국

먼저 미국의 경우는 기후변화에 가장 적극적인 캘리포니아 주에 대해서 살펴보도록 한다. 캘리포니아 주정부는 Green Building Action Plan을 시행 중인데, 이 정책은 공공부문, 학교부문,

상업부문 세 분야에 대해서 각각의 다른 정책을 펴고 있다. 먼저 공공부문에 대해서는 친환경 건물 정책, 에너지효율과 관련한 정책, 그리고 금융지원 및 실행 정책을 학교와 관련하여서는 신축학교에 대한 기술적 기준안에 대한 시행정책을, 상업부문에 있어서는 상업용 건물의 효율을 높이도록 하는 Ratepayer Supported Efficient Program라는 정책으로 구성된다(〈표4-31〉 참조). Green Building Action Plan은 주로 주 정부가 소유한 공공건물을 대상으로 하는 경우가 많으며, 직접적으로 에너지 절약 목표치를 제시하는 것을 관찰할 수 있다.

■ 표 4-31. 캘리포니아 에너지 절감정책 요약

정책		내용
공공 (정부)	친환경 건물	주 정부 건물, 10,000sq. pt. 이상의 건물의 인증 의무 부과
	에너지 효율	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 주 정부 소유의 모든 건물은 2015년까지 에너지 소비를 20%이상 줄여야 함</li> <li>· 지정된 전력회사로부터 에너지 절약 분에 대한 보상 받음</li> <li>· 사용 중인 건물의 경우 해당 조항에 의거 에너지 효율에 미달하는 건물은 건물 개조 실시</li> <li>· 전기사용제품 구입 시 일정 등급의 제품을 구입</li> </ul>
	금융지원 및 실행	주 정부 회계부서는 프로젝트에 필요한 자금지원 방안 마련
학교	신축 학교	주 정부 자금으로 신축되는 학교는 기술적 기준안을 마련하여 시행해야 함
상업	Ratepayer Supported Efficient Program	캘리포니아 공공 전력 위원회는 건물 에너지 효율 개선방법의 이득과 관련된 정보를 건물소유주에게 홍보하여 상업용 건물의 효율을 20%이상 높여야 함

자료: 이희송, 성과보증방식의 ESCO사업을 통한 대도시 건물의 기후변화 문제의 대응(2007)

## 2) 영국

영국의 건물 분야 에너지 절감 정책은 Energy Efficiency Commitment, Building Regulation, Codes for Sustainable Homes, Energy Performance of Building Directive, Market Transformation Programme, Eco-design of Energy Using Products framework Directive, Show Best Value 등 7가지의 정책으로 요약 될 수 있다. 각각에 대한 내용은 다음의 〈표 4-32〉에 설명되어 있다.

표 4-32. 영국 에너지 절감 정책 요약

정 책	내 용
Energy Efficiency Commitment	전기와 가스 공급자는 정해진 에너지 효율 향상을 이루어야 함
Building Regulation	90년 이후 신 건물의 효율을 향상시킴, 기존 건물을 위한 규제 구상 중
Codes for Sustainable Homes	Building Regulation의 요구 조건 이상의 자발적인 기준 마련
Energy Performance of Building Directive	신축과 기존 건물의 최소 에너지 성능 기준 설정, 건물의 건축, 판매, 대여시 에너지 성능 증명서 발급 의무, 1000m <sup>2</sup> 이상의 공공 건물의 경우 증명서 부착
Market Transformation Programme	에너지 사용 제품의 성능 평가, 순위부여
Eco-design of Energy Using Products framework Directive	EU지역에서 사용되는 에너지 제품의 친환경 디자인 기준을 의무화
Show Best Value	빌딩 에너지 성과 측정 방법론 개발, 1000m <sup>2</sup> 이상의 신축, 개보수건물 최소의 에너지 사용량 방법론 제시, 건물에너지 성과 증명서, 정규 사이즈 냉난방 기기 사용 의무 부여

자료: 이희송, 성과보증방식의 ESCO사업을 통한 대도시 건물의 기후변화 문제의 대응(2007)

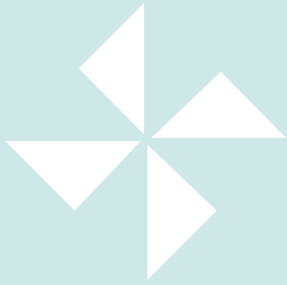
### 3) 일본

세계적인 에너지 효율과 관련한 기술을 보유한 일본에서 건물 에너지와 관련한 정책으로는 기준년도의 최고 효율 수준을 최저 효율 수준으로 설정하는 Top-Runner Program과 빌딩 에너지 관리 시스템은 중앙 시스템을 이용하여 에너지 사용 행태에 영향을 미친다는 특징을 지닌 빌딩 에너지 관리 시스템으로 요약될 수 있다. 보다 자세한 정책 및 이에 대한 설명은 다음의 <표 4-33>에 기술되어 있다.

■ 표 4-33. 일본 에너지 절감정책 요약

정 책	내 용
Top-Runner Program	어떤 기준년도의 최고 효율 수준을 최저 효율 기준으로 설정하여 기업에게 이를 지키도록함. 현재 18개 품목이 해당함
에너지 절약 프로그램	에너지 라벨 시스템을 도입, 가정용 전자제품의 에너지 효율성을 알림
에너지 보안법의 강화	신축건물 에너지 절약 지침서 제출 의무화 연단위로 보고서 제출
빌딩 에너지 관리 시스템 도입	IT기술을 이용하여 건물 에너지 수요 관리 지원 시스템 도입하여 실시간으로 건물의 에너지를 관리를 용이하게 함
ESCO 확대 지원	공공분야로 확대 검토
도쿄 그린빌딩 프로그램	10000m <sup>2</sup> 이상의 건물 신축과 증축시 평가서 제출 의무

자료: 이희송, 성과보증방식의 ESCO사업을 통한 대도시 건물의 기후변화 문제의 대응(2007)



## 제5장

국내 수송부문의 온실가스  
저감잠재성 분석 및 감축정책  
추진방안

## 1. 기본 분석방향

경제활동에서 발생하는 온실가스 배출은 이제는 시장실패로 인식되어야 한다. 즉, 시장에서 형성되는 가격에 온실가스 배출로 인한 사회적 비용을 완전히 내재화시키지 못하므로 이산화탄소 가격을 시장에 내재화시키는 정책(한계 사회적비용=가격)이 필요하다. 규제정책(온실가스 배출허용기준, 연비기준 제정 등)과 재정정책(세금, 요금, 보조금, 세제혜택, 기타 재정적 수단들)은 이산화탄소를 시장가격에 내재화시키는 대표적인 정책수단으로 간주된다. 그러나, 아무리 효율적인 정책수단이라 할지라도 어느 하나 혹은 일부만 추진해서는 이를 시정하지 못하므로 적정 정책조합(Policy Mix)가 필요하다고 판단된다.

규제기준(Regulatory standards)은 일반적으로 공공복지를 보장하며, 자연자원을 보전하고 보호하며, 환경에 위해적인 행동을 예방한다. 한편 재정정책은 투자비용을 커버하는데 필요한 수입을 가져다준다. 또한 중요한 것은 재정정책은 수송수단의 사용으로 발생하는 부정적인 외부성(사회적 비용)을 교정하는 메커니즘을 창출하며, 그럼으로써 사용자에게 적절한 시그널을 보낸다. 규제기준과 재정정책은 같이 시행되어야 하며 서로 보완적인 정책수단으로 평가된다. 따라서 규제기준과 재정정책을 함께 아우르는 종합적인 정책 패키지를 시행하는 것은 수송부문에서 지속 가능한 발전을 가져다주는 가장 좋은 방법이라 할 수 있다.

〈표 5-1〉은 재정정책 수단 수송부문의 의사결정에 미치는 영향을 요약한 것으로 세금, 세제혜택, 보험, 요금 등이 자동차의 구입형태, 차량 운영형태 및 연료선택 등에 있어서 중요한 영향을 미치는 것을 보여주고 있다. 특히 연료별로 차별적인 과세를 하는 것은 자동차의 주행거리, 연료 사용량 및 연료 유형의 선택에 강한 영향을 미치는 것으로 나타나며, 신차에 대한 세제혜택 등 재정적 인센티브제도는 환경친화적이며 연료효율적인 차량 구입과 연료 유형의 선택에 강한 영향을 미치고 있다. 또한 온실가스 및 대기오염물질 등의 사회적 비용을 반영하는 자동차세는 자동차의 주행거리, 연료 사용량 및 연료 유형의 선택에 강한 영향을 미치는 것으로 나타난다. 〈표 5-2〉는 주요국의 수송부문 재정정책수단 도입에 대한 수준별 Best Practices 사례를 보여 주고 있다.

■ 표 5-1. 재정정책이 에너지 및 환경관련 의사결정에 미치는 영향

재정 정책	신형, 청정, 연료효율 차량 구입	향상된 중고차 구입	차량 정비	주행 거리	차량운행의 때와 장소	연료 사용량	연료 유형	사용자 대체 모드	대체 차량
차별적 연료 과세	3	3	3	1		1	1	2	2
신차 인센티브	1					2	1		3
연간, 외부성 기반 자동차세	2	2	2	1		1	1	2	1
자동차 보험		3	1	1		1		2	
주차료				2	1	2		1	
통행료				1	1	3		2	
Fleet 차량 인센티브	1		3	3		2	2		2

주: 1 = 강한 효과; 2 = 중간 효과; 3 = 간접적이거나 약한 효과

자료: Deborah Gordon, Fiscal Policies for Sustainable Transportation: International Best Practices, march 31, 2005

수송부문의 사회적 비용은 경제성장에 심각한 영향을 미친다(ECMT, 1998; Delucchi, M., 2000; and Davis, 2004, Table 1.8). 수송부문의 사회적 비용은 유럽의 경우 GDP의 약 4.2%를 차지하고 있으며, 미국은 지난 10년간 16~45% 증가하였다. 우리나라는 2005년도 전국 환경오염(환경피해) 비용은 대기오염물질(CO, NOx, PM, SOx, VOC)이 16조 9,484억 원이고 이산화탄소 배출로 인한 피해비용은 3조 1,255억 원으로 총 20조 739억 원으로 추정된다(〈표 5-3〉 참조). 또한 수송부문의 교통혼잡비용은 유류비용, 시간비용 및 고정비용을 합하여 2005년에 23조 6,978억 원으로 나타났다(〈표 5-4〉 참조). 환경피해 및 교통 혼잡으로 발생하는 사회적 비용은 2005년도의 경우 약 43조 7717억 원으로 향후 경제성장과 지속 가능한 수송부문을 성취하기 위해서는 이의 지속적인 감축이 요구되고 있다.

■ 표 5-2. 주요국의 수송부문 재정정책수단 도입에 대한 수준별 Best Practices 사례

구분	Level I	Level II	Level III
연료세	휘발유세/디젤세 폴란드	탄소세 스웨덴	환경적 기반의 연료세 N/A
자동차세	연간 자동차 특성 기반 세 금 및 수수료 EU	세금과 수수료 감면 또는 신형 청정, 연료 효율적 차량에 면세 일본, 독일, 덴마크	연간, 외부성 기반 CO <sub>2</sub> 와 Smog 수수료 영국, 덴마크
신차 인센티브	친환경 자동차 환급 일본, 미국	Gas Guzzler Tax 미국	고효율 차량에 대한 세금 환급 오스트리아
통행료	도로세/HOT 차선 미국(캘리포니아)	혼잡세 영국(런던)	외부성 100% 기반 도로세 싱가포르
주차료	주차요금 미국(캘리포니아)	주차에 대한 장소세금(In-Lieu Fees) 남아프리카, 아이슬란드, 캐나다, 독일	주차 수요 관리 미국
자동차 보험	의무 보험 미가입에 대한 과태료 영국, 미국	보험 특화 자동차세 프랑스	Pay-As-You-Drive와 Pay-At-The-Pump 보험 영국, 미국
Fleet 차량 인센티브	비용효과적, 청정, 연비가 높은 공공 차량 캐나다	친환경적, 연료효율적 회사 차량에 대 한 인센티브 영국	친환경 기반 차량 임대 에 대한 인센티브 N/A

자료 : Deborah Gordon, Fiscal Policies for Sustainable Transportation: International Best Practices, march 31, 2005

■ 표 5-3. 2005년도 전국 환경오염(환경피해)비용

(단위 : 억 원/년)

	도로이동오염원	비도로이동오염원	합계
대기오염물질	122,032	47,452	169,484
이산화탄소*	31,255		31,255
합 계			200,739

\*이산화탄소 톤당 배출권거래가격 25유로(2008년 2/4분기 환율 1유로=1592.54원)를 반영  
자료 : 한국환경정책평가연구원(2007.12) 추정치

■ 표 5-4. 2005년도 전국 교통혼잡비용

(단위 : 백만 원/년)

구분	유류비용	시간비용	고정비용	계	
지역 간 도로	고속국도	42,235	1,736,443	500,602	2,279,280
	일반국도	340,224	3,493,015	1,292,656	5,125,895
	지방도	84,991	1,293,567	349,747	1,728,304
	소계	467,449	6,523,025	2,143,005	9,133,479
도시부 도로	서울	381,948	4,409,257	1,227,844	6,019,049
	부산	257,022	2,363,250	859,623	3,479,896
	대구	102,278	743,849	338,519	1,184,646
	인천	134,206	1,165,947	446,624	1,746,778
	광주	58,248	472,507	192,186	722,941
	대전	75,969	710,705	247,688	1,034,362
	울산	33,718	232,697	110,240	376,656
	소계	1,043,390	10,098,213	3,422,724	14,564,327
총계	1,510,839 (6.4%)	16,621,238 (70.1%)	5,565,729 (23.5%)	23,697,806 (100%)	

자료 : 한국교통연구원(2007) 추정치

본 연구는 국내 수송부문의 온실가스 저감잠재성을 주요 감축정책 수단별로 추정하고자 하며, 아울러 감축정책의 효율적인 이행방안을 제시하고자 한다. 수송부문의 온실가스 감축정책 수단은 전술한 바와 같이 크게 연비기준, 온실가스 배출허용 기준 등 직접규제 정책(Regulations & Standards)과 연료에 대한 탄소세 도입, 바이오연료 보급확대 지원, 친환경차 보급확대 지원, 기후비천화적 보조금 감축 등 재정정책(Fiscal policy)의 두 가지로 구분하여 볼 수 있으며 이들의 정책믹스(Policy mix)를 본 연구의 기본 분석방향으로 제시하고자 한다.

본 연구에서 제시하고 있는 수송부문의 정책수단별 감축방안은 기존의 연구들과 다음과 같은 차별성을 가진다. 즉, 기존의 수송부문 온실가스 감축정책에 관한 연구들은 온실가스 감축정책 수단으로 대중교통체계 개선, 승용차 이용억제, 차량운행효율 개선, 교통 혼잡 특별관리 구역

지정 등 비시장적 정책수단에 한정하여 분석하고 있음을 알 수 있다. 반면에 본 연구는 규제정책과 재정정책의 정책믹스를 통한 시장메커니즘의 활성화를 정책 추진의 기반으로 분석하고 있는 점이 특징적이다. <표 5-5>는 본 연구에서 분석하고자 하는 수송부문의 온실가스 감축정책 중 규제정책과 재정정책의 주요 정책수단들을 제시하고 있다.

■ 표 5-5. 본 연구의 수송부문 주요 온실가스 감축정책 수단

수송정책	감축정책 수단	주요 내용
규제정책 (Regulations & Standards)	연비규제	- 자동차 연비기준(km/ℓ) 강화
	CO <sub>2</sub> 배출규제	- 자동차 CO <sub>2</sub> 배출허용기준(g/km) 강화
재정정책 (Fiscal Policies)	탄소세 부과	- 수송용 연료(휘발유, 경유, LPG)에 대한 탄소세 부과
	바이오연료 보급확대 지원	- 바이오디젤 보급확대 지원(세제, 보조금 지원) - 바이오에탄올 보급확대 지원(세제, 보조금 지원)
	친환경차량 보급확대 지원	- 하이브리드자동차(플러그인 하이브리드차) 보급 확대 지원(세제, 보조금 지원) - 수소연료전지 자동차 보급확대 지원(세제, 보조금 지원)
	기후비친화적 에너지보조금 폐지	- 수송용 연료(경유, LPG)에 대한 유가보조금제도 폐지

## 2. 시계열 자료를 이용한 수송용 연료별 수요함수 추정 및 수요전망

이하에서는 시계열 자료를 이용하여 수송용 연료별(휘발유, 경유, LPG)로 수요함수를 추정하고 이를 바탕으로 2015년까지의 연료별 수요량을 전망하고자 한다. 이러한 분석을 수행하는 이유는 수송용 연료별로 수요함수를 추정함으로써 연료별 특성을 반영한 정책수단별로 CO<sub>2</sub> 저감잠재성 분석을 수행하고자 함에 있다. 예컨대 탄소세 부과와 경우 휘발유, 경유 LPG의 이산화탄소 배출비용이 다르게 나타나며, 바이오 연료 보급 확대의 경우에도 경유는 바이오디젤, 휘발유는 바이오에탄올이 해당되며, 유가보조금제도는 경유차와 LPG차가 해당되는 등 수송수문의 정책수

단들은 대부분 연료별 특성을 반영하고 있다. 그러나 기존 에너지 수요전망에 대한 연구들은 연료별로 하지 않고 석유, 가스, 석탄 등 큰 분류로만 추정하고 있어 연료별 특성을 반영한 정책수단별 CO<sub>2</sub> 저감잠재성 분석에 어려운 점을 가지고 있다.

### 가. 수송용 연료별 수요함수 추정

#### 1) 사용 데이터

수송용 연료별 수요함수 추정에 사용한 기본 데이터는 1997년부터 2008년까지의 분기별 데이터를 이용하였으며, 각각의 데이터들을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.<sup>30)</sup>

수송용 연료별 수요량의 경우 한국에너지관리공단의 유류 제품별·산업별 소비량을 본 연구의 분류에 따라 분기별 수송용 휘발유(gas), 수송용 경유(diesel), 수송용 LPG(lpg)의 3가지로 재집계 한 후 단위를 *l*로 환산하였다. 가격변수는 한국석유공사의 데이터를 사용하였다. 수송용 휘발유가격(GASP)과 수송용 경유가격(DIEP)은 원유도입가격을, 수송용 LPG가격(LPGP)은 LPG 도입가격을 사용하였다. 국내총생산(GDP)의 경우는 소득변수로서 기존의 국내 GDP분기별 실측치를 사용하였고, 연료별 자동차 등록대수는 한국자동차공업협회의 “자동차등록통계월보”와 국토해양부 “자동차등록현황” 통계자료를 이용하여 분석하였다.

본 연구는 에너지 소비부문에 대한 설명을 강조하기 위해 생산자부문의 설명변수를 제외하였고 상관관계가 높은 원유도입가격을 거시경제변수로서 분석하였으며, GDP와 자동차등록대수 변수를 사용하였고 정책변수로서 IMF 더미(금융위기 전후)와 제2차 세계대전더미를 사용하였으며, 원유도입가격은 에너지 소비량과 시차를 가지고 영향을 미치는 것으로 나타나 본 연구에서는 각 변수별로 Lag를 취하여 분석하였다.

일반적으로 시계열자료는 단위근이 있다고 알려져 있다. 하지만 본 연구에 사용된 변수에 대한

30) LPG자료는 2001년부터 2008년까지 자료를 이용하였음. 그 이유는 LPG통계자료는 2001년도부터 집계되고 있기 때문임

단위근 검정 결과는 알려진 바가 없다. 다음 절에서는 단위근 시계열에 대하여 알아보고 단위근을 검정한 방법으로 ADF 검정과 PP 검정에 대하여 설명한 다음 독립변수들에 대한 단위근 검정을 실시하였다.<sup>31)</sup> <표 5-6>은 변수별 기초통계량을 제시하고 있다.

■ 표 5-6. 변수별 기초통계량

변수	평균	표준편차	최소값	최대값	관측수
GAS	3.28968	0.033549	3.23096	3.405346	48
Light Oil	3.524973	0.0765	3.3638	3.6368	48
LPG	2.963	0.150	2.642	3.130	32
GASC	22536592	1350750	19505680	24764785	48
Light OilC	13532728	3607968	8296388	18450149	48
LPGC	4245820	1913508	1061290	6957921	32
GDP	158610.1	25439.95	113400.0	237365.7	48

## 2) 단위근 검정 결과

ADF 검정과 PP검정은 단위근이 있다는 귀무가설 하에서 단위근 검정이 이루어진다. 다음 <표 5-7>과 <표 5-8>은 ADF검정과 PP검정 결과를 나타내고 있다.

■ 표 5-7. ADF 검정 결과

상수를 사용한 경우					
구분	t-statistic	유의수준			P값
		1%	5%	10%	
GASQ	-4.866	-3.597	-2.933	-2.605	0.0003
LPGQ	-3.141	-3.606	-2.937	-2.607	0.031
GASCA	-3.584	-3.627	-2.946	-2.612	0.011

31) 단위근 시계열의 정의와 단위근 검정 방법에 대한 자세한 설명은 <부록>을 참조

표 5-8. PD 검정 결과

상수를 사용한 경우					
구분	t-statistic	유의수준			P값
		1%	5%	10%	
GASQ	-6.385	-3.585	-2.928	-2.602	0.000
LPGQ	-4.539	-3.585	-2.928	-2.602	0.001
GASCA	-3.438	-3.585	-2.928	-2.602	0.015

휘발유 사용량(GASQ), LPG사용량(LPGQ)과 경유사용량(GASCA)에 대한 단위근을 검정한 결과 ADF 검정과 PP검정에서 모두 단위근이 없는 것으로 나타났다. 휘발유 사용량은 ADF 검정과 PP검정에서 모두 P값이 0.0001이하로 매우 낮은 값을 가지고 있어 단위근이 가지고 있다는 귀무가설을 기각하는 것으로 나타났다. 다음으로 LPG 사용량의 경우 ADF검정에서 P값이 0.031, PP검정에서 0.001로 나타나 ADF검정에서 1%유의 수준에서는 단위근이 있는 것으로 나타났지만, PP검정을 통해 단위근이 있다는 귀무가설을 모두 기각하는 것을 확인할 수 있다. 경유사용량의 경우, ADF검정과 PP검정에서 1% 유의수준에서 단위근이 있다고 할 수 있지만, 일반적으로 5% 유의수준에서는 단위근이 있다는 귀무가설을 모두 기각하는 것을 알 수 있다.

또한 각 변수의 주어진 자료의 수가 한정적이고 기간이 짧기 때문에 일반적인 시계열 변수를 사용한 동태적 모형을 사용하기에는 다소 무리가 있으며, 단위근이 없는 시계열자료의 경우 모형 분석에 사용되는 회귀분석(OLS)을 통한 수요함수 모형을 설정하고 이를 추정하여 수요 예측을 실시하였다.

### 3) 수요함수 추정 결과

#### 가) 휘발유 수요함수 추정 결과

휘발유 수요는 원유도입가격과, 휘발유 차량대수 및 GDP에 영향을 받는 것으로 가정하였으며 여기에 IMF 더미변수를 추가하였다. 모든 변수는 자연로그를 취하였으며 휘발유의 수요함수는 다음 식과 같이 설정하였다.

$$\log(Gasq_t) = \alpha + \beta_1 \log(Car_t) + \beta_2 \log(GDP_t) + \beta_3 \log(Oil_t) + D_1 + \epsilon_t$$

〈표 5-9〉는 휘발유 사용량을 종속변수로 하는 다중회귀분석결과를 보여준다. 모든 변수는 자연로그를 취하고 추정계수는 탄력성을 나타내게 된다. 회귀계수를 분석해 보면 기존 연구가설과 같이 GDP는 0.304로 GDP가 1% 성장할 때 휘발유 소비는 약 0.304% 증가하는 양(+)의 상관관계를 보이고 있으며 10%수준에서 유의함을 보이고 있다. 휘발유차량대수는 1.135로 휘발유 차량이 1% 증가하면 휘발유소비는 1.135% 증가하는 양(+)의 상관관계를 보이고 있다. 원유도입가격은 -0.021로 원유도입가격이 1% 증가할 때 휘발유 사용량은 0.021% 감소하는 음(-)의 상관관계를 보이고 있으며 IMF 더미변수의 계수는 -0.06으로 음(-)의 관계를 나타내고 있다.

■ 표 5-9. 휘발유 수요함수 추정 결과

방법	변수	계수	P값
OLS	상수	23.494	0.0001***
	휘발유 차량대수	1.135	0.497
	GDP	0.304	0.065*
	원유도입가격	-0.021	0.524
	IMF 더미	-0.06	0.157
	$R^2$	0.329	

주: \*\*\*, \*\*, \*는 각각 1%, 5%, 10% 수준에서 유의미함을 나타냄.

#### 나) 경유 수요함수 추정 결과

경유의 수요는 원유도입가격, 연료별 차량대수 및 GDP에 영향을 받는 것으로 가정하였으며 여기에 IMF 더미 변수와 2차 에너지세제개편 더미 변수를 추가하였다. 모든 변수는 자연로그를 취하여 추정하였으며 경유의 수요 함수는 다음 식과 같이 설정하였다.

$$\log(Dieselq_t) = \alpha + \beta_1 \log(Car_t) + \beta_2 \log(GDP_t) + \beta_3 \log(Oil_t) + D_1 + D_2 + \epsilon_t$$

〈표 5-10〉은 경유사용량을 종속변수로 하는 다중회귀분석결과를 보여준다. 모든 변수는 자연 로그를 취하여 추정계수는 탄력성을 나타내게 된다. 회귀계수를 분석해 보면 기존 연구가설과 같이 경유차량대수는 경유 차량이 1% 증가할 때 경유 소비비량은 약 0.365% 증가하는 양(+)의 상관관계를 가지고 있으며 1%수준에서 유의함을 보이고 있다. GDP는 0.669로 GDP가 1% 증가할 때 경유소비비량은 약 0.669% 증가하는 양(+)의 상관관계이며 이 역시 1%수준에서 유의함을 보이고 있다. 원유도입가격은 -0.098로 원유도입가격이 1% 증가할 때 경유소비비량은 0.098% 감소하는 음(-)의 상관관계를 나타내고 있으며 10%수준에서 유의함을 보이고 있다. IMF 더미변수와 2차 에너지세계개편 더미변수의 계수는 각각 -0.106, -0.048로 음(-)의 관계를 나타내고 있다.

표 5-10. 경유 수요함수 추정 결과

방법	변수	계수	P값
OLS	상수	-4.304	0.0013***
	경유 차량대수	0.365	0.0001***
	GDP	0.669	0.0001***
	원유도입가격	-0.098	0.0157*
	IMF 더미	-0.106	0.0116
	2차 에너지세계개편 더미	-0.048	0.1381
	$R^2$	0.85	

주: \*\*\*, \*\*, \*는 각각 1%, 5%, 10% 수준에서 유의미함을 나타냄.

#### 다) LPG 수요함수 추정 결과

수송용LPG의 수요는 원유도입가격, LPG 차량대수, GDP에 영향을 받는 것으로 가정하였으며 여기에 2차 에너지세계개편 더미변수를 추가하였다. 즉, 수송용LPG의 수요함수는 다음 식과 같이 설정하였다.

$$\log(Lpgq_t) = \alpha + \beta_1 \log(Car_t) + \beta_2 \log(GDP_t) + \beta_3 \log(Oil_t) + D_1 + \epsilon_t$$

〈표 5-11〉은 수송용LPG 사용량을 종속변수로 하는 다중회귀분석결과를 보여준다. LPG 도입 가격은 원유도입가격에 영향을 받으므로 LPG 도입가격 대신 원유도입가격을 이용하여 추정을 하였다. 모든 계수는 자연로그를 취하였으며 회귀계수를 비교해보면 경유와 마찬가지로 원유도입 가격과 LPG 사용량은  $-0.027$ 로 음(-)의 상관관계를 보이고 있으며 원유도입가격이 1% 증가할 때 LPG 사용량은 0.027% 감소하는 것으로 나타났다. GDP는 0.319로 GDP가 1% 증가할 때 LPG 사용량은 0.319% 증가하는 양(+)의 상관관계이며 5% 수준에서 유의함을 보여주고 있다. LPG 차량대수는 0.507로 LPG 차량이 1% 증가할 때 LPG 사용량은 0.507% 증가하는 것으로 나타났으며 1% 수준에서 유의미함을 보이고 있다. 2차 세계개편 더미변수의 계수는  $-0.040$ 으로 음(-)의 관계를 나타내고 있다.

■ 표 5-11. LPG 수요함수 추정 결과

방법	변수	계수	P값
OLS	상수	-4.197	0.003***
	LPG 차량대수	0.507	0.0001***
	GDP	0.319	0.032**
	원유도입가격	-0.027	0.340
	2차 에너지세계개편 더미	-0.040	0.303
	$R^2$	0.97	

주. \*\*\*, \*\*, \*는 각각 1%, 5%, 10% 수준에서 유의미함을 나타냄.

#### 나. 수송용 연료별 수요 전망

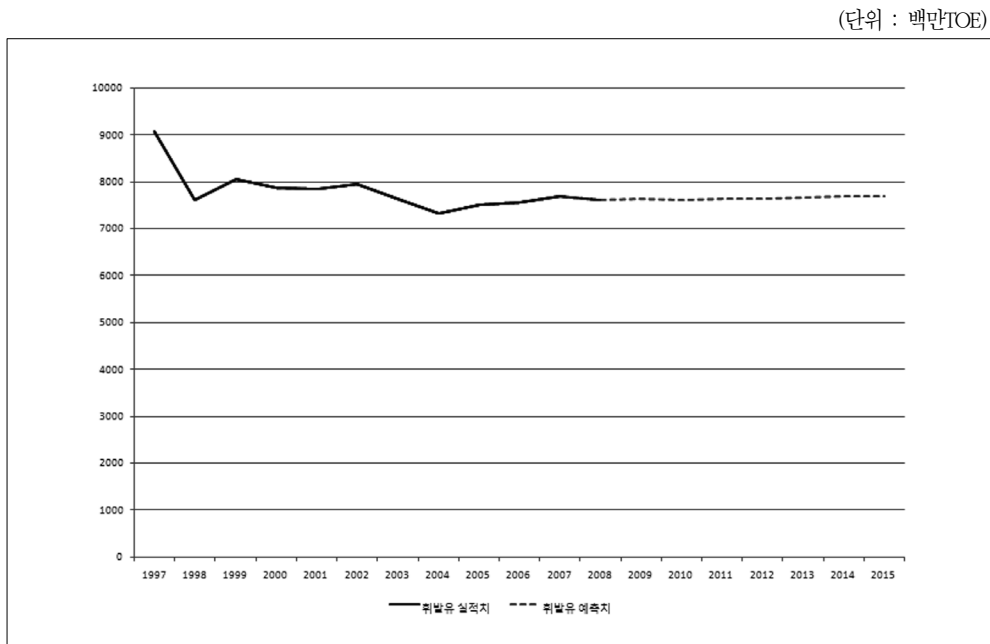
앞의 수송용 연료별 수요함수 모형 추정결과를 바탕으로 휘발유, 경유, LPG의 소비량에 대한 2009~2015년 기간의 수요 전망을 다음과 같이 실시하였다.

각각의 변수별 예측 변수에 대한 데이터 추정값은 GDP의 경우 기획재정부 “2009~2013년 국가재정운용안”에서 제시한 GDP 예측성장률을 이용하여 예측하였고, 차량등록대수의 경우 2002년에서 2008년까지의 실제 자동차 증감율을 이용하여 예측한 데이터를 사용하였으며, 원유

도입가격은 EIA(Energy Information Administration) “Forecasts & Analyses”<sup>32)</sup>의 2010년 이후의 원유 연평균 예상증가율을 이용하여 원유도입가격을 예측하여 분석하였다.

### 1) 휘발유 수요 전망

휘발유 소비는 <그림 5-1>에서 보는 바와 같이 2009년 이후 안정적인 모습을 보여주고 있다.



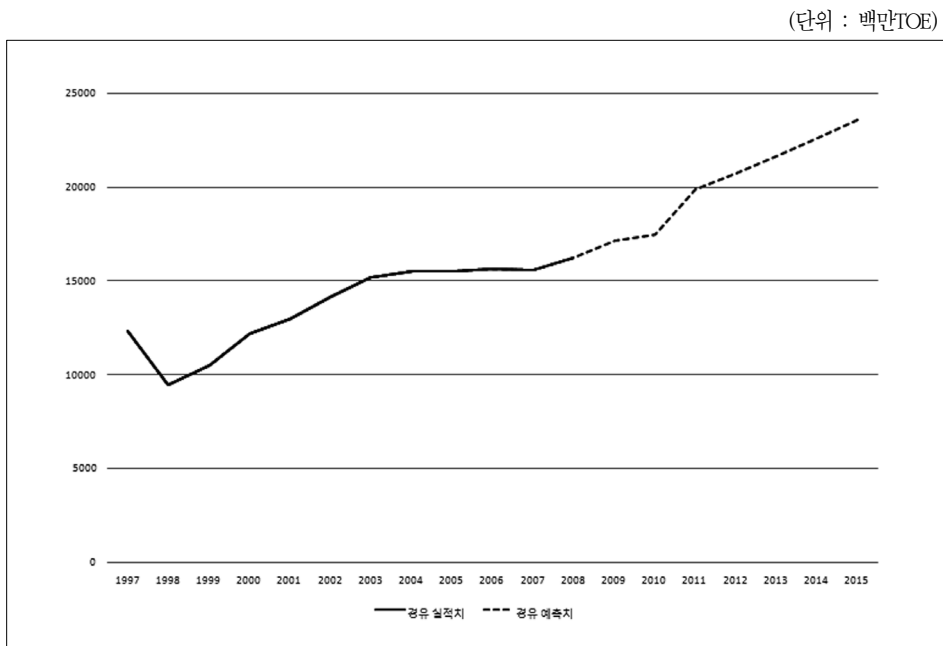
■ 그림 5-1. 휘발유 소비량 예측 결과

즉, 2009~2015년까지의 휘발유 소비는 거의 일정한 모습을 보여주고 있는 것을 알 수 있다. <표 5-12>에 제시된 바와 같이 2009~2015년 까지의 휘발유 수요량의 연평균 증가율은 약 0.17%로 매우 낮은 수준인 것을 알 수 있다.

32) 보다 자세한 사항은 미국 에너지정보관리국(Energy Information Administration)의 “Annual Energy Outlook 2009” 자료를 참조하기 바람

## 2) 경유 수요 전망

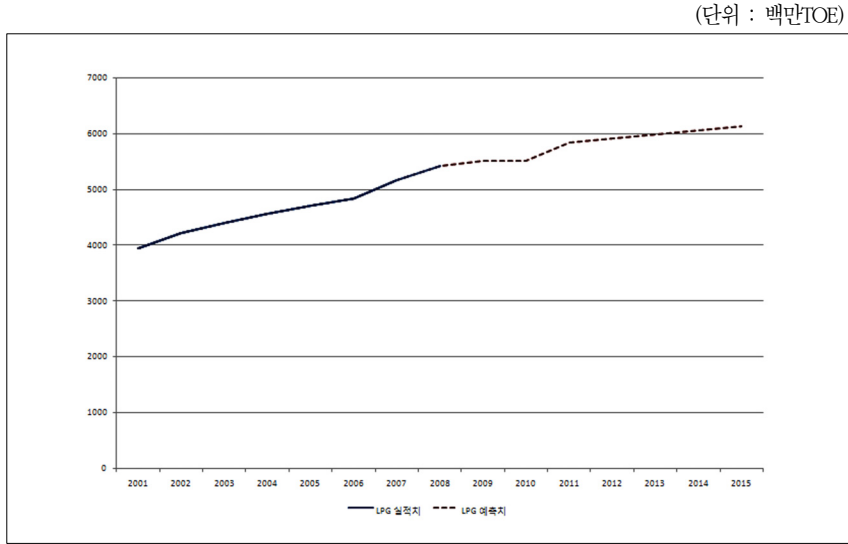
경유 소비량은 <그림 5-2>에서 보는 바와 같이 다른 부문에 비해 소비가 급격하게 증가하고 있는 것을 볼 수 있다. <표 5-12>에서 볼 수 있듯이 경유 소비량은 2009~2015년 기간의 연평균 증가율이 약 6.61%로 다른 부문에 비하여 증가율이 높은 것으로 나타났다. 특히, 2010년 이후 경유 소비량이 급격하게 증가하는데 이는 다른 부문에 비하여 경유가 GDP에 더 많은 영향을 많이 받기 때문으로 해석된다.



■ 그림 5-2. 경유 소비량 예측 결과

## 3) LPG 수요 전망

LPG 소비는 <그림 5-3>에서 보는 바와 같이 2009년 이후 안정적으로 증가하고 있는 것으로 나타났다. <표 5-12>에 제시된 바와 같이 2009~2015년 동안 LPG의 평균 소비량 증가율은 약 2.13%로 비교적 낮게 나타났다.



■ 그림 5-3. LPG 소비량 예측 결과

위와 같은 수송용 연료별 예측결과를 토대로 2015년까지 연료별 에너지 소비량 예측 결과를 제시하면 <표 5-12>와 같다.

■ 표 5-12. 수송용 연료별 소비량 예측 결과

(단위 : 백만 TOE)

연도	휘발유	경유	LPG
2009	7,629.21	17,121.47	5,511.81
2010	7,621.33	17,441.78	5,508.2
2011	7,635.66	19,882.58	5,834.18
2012	7,650.02	20,749.09	5,905.67
2013	7,664.4	21,653.37	5,978.04
2014	7,678.81	22,597.05	6,051.29
2015	7,693.24	23,581.86	6,125.44
2009~2015 연평균증가율	0.17%	6.61%	2.13%

### 3. 수송부문 주요 정책수단별 온실가스 저감잠재량 추정

여기에서는 앞에서 추정된 수송용 연료별 수요 전망치를 활용하여 본 연구에서 제시된 주요 정책수단별로 온실가스 저감잠재량을 2015년도 기준(BAU)으로 추정하고, 이들의 저감효과를 비교하고자 한다.

#### 가. 규제정책의 온실가스 저감잠재량 추정

미국의 오바마 행정부는 2015년 이후 승용차 연비를 갤런당 39마일(16.6km/ℓ)로 높이기로 하였다. 한편 EU는 2012년까지 CO<sub>2</sub> 배출량을 130g/km 이하로 낮추기로 하였다. 우리나라(녹색성장위원회)는 2015년부터 자동차의 연비 기준(평균연비)을 리터당 17km/ℓ 이상, CO<sub>2</sub> 배출허용 기준을 km당 140g 이하로 결정하였으며, 미국 기준인 연비규제와 EU 기준인 CO<sub>2</sub> 배출허용 기준을 모두 도입하되 기업부담을 최소화하기 위해 자동차업체가 1개 기준을 자율적으로 택하기로 하였다.<sup>33)</sup> 또한 국내 자동차 소비형태 및 업계 여건을 고려해 2012년에는 최종목표 기준의 30%, 2013년에는 60%, 2014년 80%, 2015년 100%로 기준을 단계적으로 강화할 예정이다. 2008년도에 우리나라에서 제작·판매되는 차량의 평균연비 및 온실가스 평균 배출량은 각각 11.6km/ℓ, 188.1g/km 수준이다.

#### 1) 자동차 연비규제 강화 시 온실가스 저감잠재량 추정

##### 가) 자동차 연비규제 강화 내용

녹색성장위원회가 제시한 2015년부터 우리나라 자동차의 평균연비는 리터당 17km/ℓ 이상이며, 기준이 되는 평균연비는 2008년도의 11.6km/ℓ이다. 녹색성장위원회에서 제시한 바와 같이 2012년에는 최종목표 기준의 30%, 2013년에는 60%, 2014년 80%, 2015년 100%로 신차에 대한 평균연비 기준을 단계적으로 강화할 예정이다(〈표 5-13〉 참조).

33) 녹색성장위원회(2009.7.6) 보도자료

■ 표 5-13. 녹색성장위원회가 제시한 신차에 대한 평균연비 강화안

연도	2008	2012	2013	2014	2015
기준강화	0%	30%	60%	80%	100%
연비(km/ℓ)	11.6	13.2	14.8	15.9	17.0

자료: 녹색성장위원회

#### 나) 저감잠재량 추정

녹색성장위원회가 발표한 차량에 대한 평균연비기준 강화는 신차에 대해 적용하는 것으로 연비 규제 강화에 따른 온실가스 저감 잠재량을 추정하기 위해서는 먼저 2009~2015년 기간 동안의 연료별 신차대수를 전망할 필요가 있으며 추정 결과는 <표 5-14>와 같다.

■ 표 5-14. 연료별 신차 등록대수 추이 및 전망

(단위 : 대)

년도	휘발유차	경유차	LPG차
2009	725,823	416,196	195,503
2010	775,907	457,815	213,684
2011	829,441	503,596	233,556
2012	886,672	553,955	255,276
2013	947,852	609,350	279,016
2014	1,013,253	670,285	304,964
2015	1,083,167	737,313	333,325

주 : 연료별 신차 등록전망치 대수는 한국자동차공업협회의 통계자료를 이용하여 2002~2008년 기간의 연료별 차량대수에 2009년~2015년 까지 기간의 연평균 GDP 증가율을 적용하여 추정함

2015년도의 차량연료의 총 수요량은 47,115,805kl( 휘발유 10,369,270kl, 경유 27,907,526kl, LPG 8,839,009kl)로 전망되며<sup>34)</sup> 신차에 대한 차량 연비규제가 2008년도의 11.6km/ℓ에서 2015년에 17km/ℓ로 단계적으로 강화되면 <표 5-15>에 나타난 바와 같이 에너지 수요량은 2015

34) 연료별 에너지 수요량은 <표 5-12>에서 추정된 연료별 에너지 수요량(TOE 기준)을 kl단위로 환산한 값임

년도에는 휘발유 381,081kl, 경유 378,261kl, LPG 153,516kl 만큼의 수요 감소가 예상된다. 여기에서 에너지 수요 감소량 추정방법은 <표 5-14>의 연료별 신차대수 전망치, 연료별 차량 연간주행거리<sup>35)</sup>와 <표 5-13>의 연비규제 강화안을 근거로 추정하였다.

■ 표 5-15. 연비규제 강화 시 에너지수요 감소량(2015년)

	휘발유	경유	LPG
2015년 수송용 연료별 에너지 사용량(kl) <sup>1)</sup>	10,369,270	27,907,526	8,839,009
연비강화에 따른 에너지소비 변화량(kl)			
2015년	-381,081	-378,261	-153,516

주: 1) 수송부문 중 도로이동오염원만을 대상으로 추정된 값임

연비규제 강화로 인한 이산화탄소 배출 감소량 추정은 다음과 같은 방법으로 추정하였다(<표 5-16> 참조). 에너지원별 CO<sub>2</sub> 배출량의 경우 우리나라는 고유한 이산화탄소 배출계수를 산정하지 않은 상태로 IPCC의 탄소배출계수<sup>36)</sup>를 사용하였다. 즉 CO<sub>2</sub> 배출량을 추정하기 위해서는 휘발유의 경우 사용량(kl)에 2.13을 곱하고, 경유는 2.6, LPG는 1.67을 곱하여 추산한다.

■ 표 5-16. 수송용 연료별 CO<sub>2</sub> 배출계수 산정

구분	탄소배출계수 Ton C/TOE(A)	석유환산계수 (순발열량 기준)(B)	단위당 CO <sub>2</sub> 배출량 (CO <sub>2</sub> 톤/kl) (A×B×44/12)
휘발유(kl)	0.783	0.740	2.13
경유(kl)	0.837	0.845	2.60
LPG(kl)	0.713	0.637	1.67

자료 : IPCC 탄소배출계수

35) 연료별 비사업용의 차량 연간주행거리는 교통안전공단(2007년 자동차 주행거리 조사)의 자료를 활용하였음. 휘발유차는 35.20km/일, 경유차는 51.33km/일, LPG차는 46.08km/일을 연간 주행거리로 환산하여 적용함

36) 탄소배출계수를 CO<sub>2</sub> 톤으로 환산하기 위해서는 44/12(C=12, O=16이므로 CO<sub>2</sub>=44, C=12)를 곱해준 후 해당연료 마다 곱하여 CO<sub>2</sub> 배출량을 간접 추정할 수 있음

〈표 5-15〉의 에너지수요 변화와 〈표 5-16〉의 수송용 연료 단위당 이산화탄소 배출량을 이용하여 연비규제 강화로 인한 이산화탄소 저감량을 추정하면 〈표 5-17〉과 같이 나타났다. 즉, 2015년에는 연비규제 강화로 인해 휘발유의 경우 811,702 tCO<sub>2</sub>, 경유는 983,478tCO<sub>2</sub>, LPG는 256,371tCO<sub>2</sub>가 감소하여 총 2,051,551tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소 배출량 감소가 예상된다.

■ 표 5-17. 연비규제 강화 시 이산화탄소 배출 감소량(2015년)

	휘발유	경유	LPG	합계
2015년 수송용 연료별 이산화탄소 배출총량 <sup>1)</sup> (tCO <sub>2</sub> )	21,982,852	72,280,492	14,761,145	109,024,489
연비규제 강화시 이산화탄소 배출 변화량(2015년, tCO <sub>2</sub> )	-811,702	-983,478	-256,371	-2,051,551

주: 1) 수송부문 중 도로이동오염원만을 대상으로 추정한 값임.

2) 자동차 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화 시 온실가스 저감잠재량 추정

#### 가) 자동차 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화 내용

녹색성장위원회가 제시한 2015년부터 우리나라 자동차의 CO<sub>2</sub> 배출허용기준은 km당 170g 이하이며, 기준이 되는 2008년도의 평균 CO<sub>2</sub> 평균량은 km당 140g이다. 녹색성장위원회에서 제시한 바와 같이 2012년에는 최종목표 기준의 30%, 2013년에는 60%, 2014년 80%, 2015년 100%로 신차에 대한 CO<sub>2</sub> 배출허용기준을 단계적으로 강화할 예정이다(〈표 5-18〉 참조).

■ 표 5-18. 녹색성장위원회가 제시한 신차에 대한 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화안

년도	2008	2012	2013	2014	2015
기준강화	0%	30%	60%	80%	100%
CO <sub>2</sub> 배출기준(g/km)	188.1	173.7	159.2	149.6	140.0

자료: 녹색성장위원회

## 나) 저감잠재량 추정

CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화에 따른 이산화탄소 배출 감소량의 추정방법은 <표 5-14>의 연료별 신차대수 전망치, 연료별 차량 연간주행거리<sup>37)</sup>와 <표 5-18>의 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화안을 근거로 2015년도의 연료별 CO<sub>2</sub> 배출 감소량을 <표 5-19>와 같이 추정하였다. 즉, 2015년에는 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화로 인해 휘발유의 경우 669,385 tCO<sub>2</sub>, 경유는 664,432 tCO<sub>2</sub>, LPG는 269,657 tCO<sub>2</sub>가 감소하여 총 1,603,474 tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소 배출량 감소가 예상된다.

■ 표 5-19. CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화 시 이산화탄소 배출 감소량(2015년)

	휘발유	경유	LPG	합계
2015년 수송용 연료별 이산화탄소 배출총량 <sup>1)</sup> (tCO <sub>2</sub> )	21,982,852	72,280,492	14,761,145	109,024,489
CO <sub>2</sub> 배출허용기준 강화에 따른 이산화탄소 배출 변화량(tCO <sub>2</sub> )				
2015년	-669,385	-664,432	-269,657	-1,603,474

주 1) 수송부문 중 도로이동오염원만을 대상으로 추정함

## 나. 재정정책의 온실가스 저감잠재량 추정

### 1) 탄소세 부과 시 온실가스 저감잠재량 추정

#### 가) CO<sub>2</sub> 배출비용을 활용한 수송용 연료별 탄소세 도입안

탄소세는 현재 유럽의 여러 나라에서 도입하여 시행 중에 있다.<sup>38)</sup> 스웨덴, 덴마크 등 유럽

37) 연료별 비사업용 차량 연간주행거리는 교통안전공단(2007년 자동차 주행거리 조사)의 자료를 활용하였음. 휘발유차는 35.20km/일, 경유차는 51.33km/일, LPG차는 46.08km/일을 연간 주행거리로 환산하여 적용함.

38) 유럽국가들은 온실가스로 인한 지구온난화를 방지하기 위해 명시적으로 탄소세를 도입하면서 대체로 전반적 세부담이 증가하지 않도록 기존 소득 관련 세제를 완화하는 세수 중립적(revenue neutral) 세제개편을 단행하였음. 즉, 탄소세 도입으로 인해 높아진 세부담을 소득세나 법인세의 감면으로 보전해 주는 형태를 취하였음. 이러한 세수 중립적 세제개편을 단행한 유럽국가들은 탄소세 도입 당시에 개인소득세 및 사회보장기여금 등 소득관련 세수비중이 소비세수에 비해 상대적으로 높은 편이었기 때문이었음

국가들은 탄소세 도입의 경우 탄소 함유량에 따라 일정세율을 부과하고 있지만 탄소세 세율은 기존의 에너지세에 비하여 1/5~1/10 수준으로 비교적 낮은 편이다.<sup>39)</sup> 영국의 경우 기후변화세(Climate Change Levy)를 도입하였는데 관련세수는 2001~2002년 기간에 17.5억 파운드 규모에 달하였으며, 관련세수는 산업경쟁력을 지원하기 위해 고용주의 사회보장분담금 감축(1/2 감축)에 사용되는 세수 중립적(Revenue neutral) 형태로 도입하여 운영하고 있다.<sup>40)</sup> 영국은 기후변화세의 도입으로 2010년까지 연간 3.7백만 톤의 이산화탄소 배출량 저감(2.3% 저감)이 기대되어 영국의 온실가스 의무감축 목적달성에 있어서 기후변화세는 매우 중요한 역할을 담당하고 있는 것으로 평가되고 있다.<sup>41)</sup> 일본은 1997년 교토의정서 발효 이후 지구온난화세(책에 대한 경제적 수단)로서 탄소세의 도입을 적극 검토하였다. 그래서 2004년 11월 이후 현재까지 탄소세 도입을 목표로 하는 '환경세의 구체안'을 지속적으로 발표하고 있다. 일본은 온실가스 감축의무량(6%)을 달성하기 위해서는 규제적 조치와 자발적 협약, 경제적 수단 등 다양한 정책조합을 이행하여야 할 상황이며, 의무감축량 목표치와 현재의 배출량간의 차이인 약 14%의 온실가스 배출량 영국 4%(2%는 탄소세 부과 효과, 나머지 2%는 탄소세 세수 활용 효과) 정도를 탄소세를 통해 달성 가능한 것으로 평가하고 있다. 2008년도 일본의 탄소세 도입안에 의하면 세율이 휘발유 16원/ℓ, 경유 19원/ℓ, LPG 12원/ℓ(2008년도 평균환율1엔당 1,076.63원 적용시) 수준으로 제안하고 있다.

우리나라의 경우 에너지원별 탄소배출량에 따른 사회적 비용을 가격체계에 반영하기 위하여 기존 조세체계와 별도로 탄소세와 같이 명시적으로 신규 세목을 신설할 필요가 있다. 본 연구에서는 다음과 같이 수송부문의 탄소세 도입안을 제시하고자 한다. <표 6-16>에서 산출한 수송용

39) 유럽은 스웨덴, 덴마크, 핀란드 등에서 탄소세의 평균세율(2008년 연평균)이 휘발유 178/ℓ, 경유 217/ℓ 수준으로 운용하고 있음

40) 기후변화세 도입시 영국정부는 기후변화협정(climate change agreements)을 포함하여 산업계의 에너지 효율수준 증대를 도와주는 정책들을 같이 도입하였음

41) 독일의 경우 환경친화적 조세개혁 도입이후 전반적으로 에너지 소비가 감소하고 있으며 2005년까지 CO<sub>2</sub> 배출량은 2~3% 가량 감소한 것으로 평가. 특히, 환경친화적 조세개혁은 수송부문의 연료소비에 상당한 영향을 미치고 있는 것으로 평가됨

연료 단위당 CO<sub>2</sub> 배출량에 Cambridge Eco<sub>2</sub>ometrics의 CO<sub>2</sub> 배출권 가격 전망치(CO<sub>2</sub> 톤당 25유로, 2008년도 연평균 환율을 적용하면 CO<sub>2</sub> 톤당 40,169원)를 곱하면 이산화탄소 배출에 따른 에너지 단위당 배출비용을 추정할 수 있으며, 우리는 이 연료별 이산화탄소 배출비용을 수송부문의 탄소세 도입안으로 제시한다. 그 결과는 <표 5-20>에 나타난 바와 같이 휘발유는 85원/ℓ, 경유 104원/ℓ, LPG 67원/ℓ의 세율로 나타난다.

■ 표 5-20. 우리나라 수송용 연료별 단위당 CO<sub>2</sub> 배출비용(탄소세 도입안)

연료	단위당 CO <sub>2</sub> 배출비용(탄소세)	
휘발유	$2.12 \times 40,169 / 1000 =$	85원/ℓ
경유	$2.59 \times 40,169 / 1000 =$	104원/ℓ
LPG	$1.67 \times 40,169 / 1000 =$	67원/ℓ

주: 2008년도 연평균환율 I EUR = 1606.77원

#### 나) 저감잠재량 추정

탄소세 부과에 따른 수송용 연료별 에너지 수요변화량은 식 (1)을 이용하여 연료별 가격탄력성에 가격변화율을 곱하여 구할 수 있다. 여기서, 가격탄력성( $\varepsilon_p$ )은 다음 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\varepsilon_p = \frac{\text{수요량의 변화율}}{\text{가격의 변화율}} = \frac{\Delta Q_d / Q_d}{\Delta P / P} \quad \text{식 (1)}$$

수송용 연료별 가격탄력성은 자기회귀시차분포(ARDL; Auto Regressive Distributed Lag) 모형을 이용하여 추정하였으며 추정결과를 연료별로 제시하면 <표 5-21>과 같다.

■ 표 5-21. 수송용 연료별 가격탄력성 추정치

구분	가격탄력성 <sup>1)</sup>
휘발유	-0.518
경유	-0.273
LPG	-0.122

주: 1) 수송용 연료별 가격탄력성 추정값은 KEI(에너지부문의 환경세 도입이 환경 및 경제에 미치는 영향에 관한 연구, 2005.12)과 자원·환경경제연구(수요탄력성 추정을 통한 2차 에너지 세계개편의 성과 평가, 2008.9)의 추정방식에 관련자료를 업데이트하여 재추정한 값임.

〈표 5-21〉의 가격탄력성을 이용하여 탄소세 도입에 따른 수송용 연료별 에너지수요 변화량을 추정하면 〈표 5-22〉와 같다.

■ 표 5-22. 탄소세 부과 시 수송용 연료별 에너지수요 감소량

	휘발유	경유	LPG
2015년 에너지수요량(kℓ)	10,369,270	27,907,526	8,839,009
탄소세 부과로 인한 에너지수요 변화량(2015년, kℓ)	-268,564	-488,381	-70,712

〈표 5-22〉의 에너지수요량 변화와 〈표 5-16〉의 수송용 연료별 이산화탄소 배출계수를 이용하여 이산화탄소 저감량을 추정하면 〈표 5-23〉과 같다. 즉, 2015년에는 탄소세 도입으로 인해 휘발유의 경우 569,355tCO<sub>2</sub>, 경유는 1,264,906tCO<sub>2</sub>, LPG는 118,089tCO<sub>2</sub>가 감소하여 총 1,952,350tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소 배출량 감소가 예상된다.

■ 표 5-23. 탄소세 부과 시 수송용 연료별 이산화탄소 배출 감소량

	휘발유	경유	LPG	합계
수송용 연료별 이산화탄소 배출총량 <sup>1)</sup> (2015년, tCO <sub>2</sub> )	21,982,852	72,280,492	1,4761,145	109,024,489
탄소세 부과로 인한 이산화탄소 배출 변화량 (2015년, tCO <sub>2</sub> )	-569,355	-1,264,906	-118,089	-1,952,350

주: 1) 수송부문 중 도로이동오염원만을 대상으로 추정된 값임

## 2) 바이오연료(바이오디젤, 바이오에탄올) 보급 확대 지원 시 온실가스 저감잠재량 추정

### 가) 바이오연료(바이오디젤, 바이오에탄올) 보급 확대 계획

바이오연료의 보급은 이산화탄소 배출량을 감소시키므로 수송부문에 있어서 기후변화협약에 대응할 수 있는 중요한 정책수단이다. Carbon-neutral 형태의 에너지 중 하나인 바이오연료는 연소과정에서 CO<sub>2</sub>를 배출하지만 바이오작물의 생장과정에서 온실가스를 흡수하게 되므로 바이오연료의 라이프사이클 전체를 고려할 경우 CO<sub>2</sub> 배출량은 0가 된다. 이에 따라 화석연료의 대체 연료인 바이오연료를 적극적으로 이용함으로써 대체된 화석연료의 CO<sub>2</sub> 배출량 만큼 감소시킬 수 있다. 다만, 바이오연료의 제조 등에 수반되는 온실가스의 배출량은 별도로 고려할 필요가 있으며 지속 가능한 순환형 사회를 실현하기 위해서는 바이오연료의 제조부터 공급까지의 과정에서 환경오염을 일으키지 않는 것이 중요할 것이다. 선진국들은 CO<sub>2</sub> 등 온실가스 감축의무를

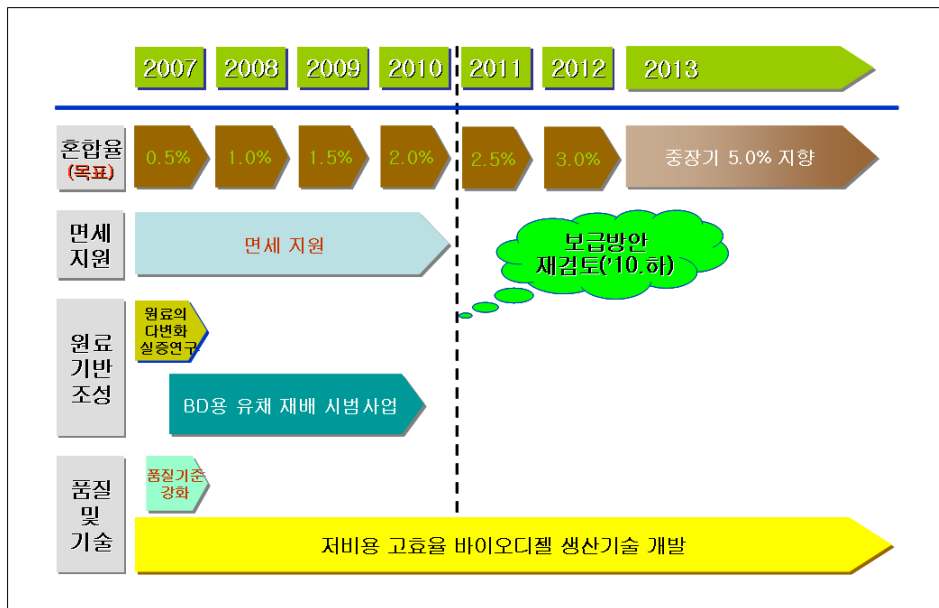


그림 5-4. 정부의 바이오디젤 보급 전략 및 방향

준수하고 대기환경 개선 및 에너지안보 문제 등의 해결을 위해 바이오연료 개발 및 보급 목표를 설정해 중점 투자 중이다. EU는 2005년 2%에서 2010년 5.75%, 2020년에 20%를 바이오연료로 대체하기로 목표를 설정하였고, 회원국들에게 바이오연료 활성화를 위한 재정적 및 제도적 목표와 대책을 세워 이행하도록 요구하고 있다.

2007년 9월 7일, 우리정부는 경유에 혼합되는 바이오디젤의 비율을 제고하고 BD20 사용요건 완화 및 관련 정부지원 방안 등을 주요 내용으로 하는 바이오디젤 중장기 보급계획을 경제정책조정회의를 통해 확정하였다(〈그림 5-4〉 참조). 동 보급 계획의 주요 내용을 살펴보면, BD5(경유)의 혼합비율 목표는 매년 0.5%씩 높여 2012년까지 3.0%로 설정, 추진하고 중장기적으로 5.0% 지향하며 2020년에는 7%로 늘릴 예정이다. 한편 바이오에탄올은 기본적으로 3%의 보급량을 지향하며 우리나라에서도 관련 실증시험을 진행하고 있다.

#### 나) 저감잠재량 추정

본 연구에서는 정부의 바이오연료 보급 계획에 의거하여 2015년 기준으로 바이오디젤 5%, 바이오에탄올 3%의 보급을 가정하여 온실가스 저감잠재성을 추정하고자 한다. 2015년도의 에너지 수요량은 앞에서 제시된 바와 같이 휘발유 10,369,270kl, 경유 27,907,526kl로 전망되며 바이오디젤 5% 보급은 경유 수요량을 1,395,376kl 감소시키며 바이오에탄올 3% 보급은 휘발유 수요량을 311,078kl 감소시키는 결과를 가져온다(〈표 5-24〉 참조).

■ 표 5-24. 2015년 기준 바이오연료(바이오디젤, 바이오에탄올) 보급량

	휘발유	경유
2015년 연료사용량 전망치(kl)	10,369,270	27,907,526
바이오디젤 보급량 전망치(2015년, kl)	-	1,395,376
바이오에탄올 보급량 전망치(2015년, kl)	311,078	-

바이오연료 보급에 따른 <표 5-24>의 에너지 수요량 변화와 <표 5-16>의 수송용 연료별 이산화탄소 배출계수를 이용하여 이산화탄소 저감량을 추정하면 <표 5-25>와 같다. 즉 2015년에는 바이오연료 보급으로 휘발유는 659,485tCO<sub>2</sub>, 경유는 3,614,023tCO<sub>2</sub>, LPG는 118,089tCO<sub>2</sub>가 감소하여 총 4,273,508tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소 배출량 감소가 예상된다.

■ 표 5-25. 바이오연료(바이오디젤, 바이오에탄올) 보급에 따른 이산화탄소 배출 감소량

	휘발유	경유	합계
수송용 연료별 이산화탄소 배출총량 <sup>1)</sup> (2015년, tCO <sub>2</sub> )	21,982,52	72,280,492	94,263,344
바이오디젤 보급에 따른 이산화탄소 배출 변화량 (2015년, tCO <sub>2</sub> )	-	-3,614,023	-3,614,023
바이오에탄올 보급에 따른 이산화탄소 배출 변화량(2015년, tCO <sub>2</sub> )	-659,485	-	-659,485
바이오연료(바이오디젤, 바이오에탄올) 보급에 따른 이산화탄소 배출 변화량(합계)(2015년, tCO <sub>2</sub> )			-4,273,508

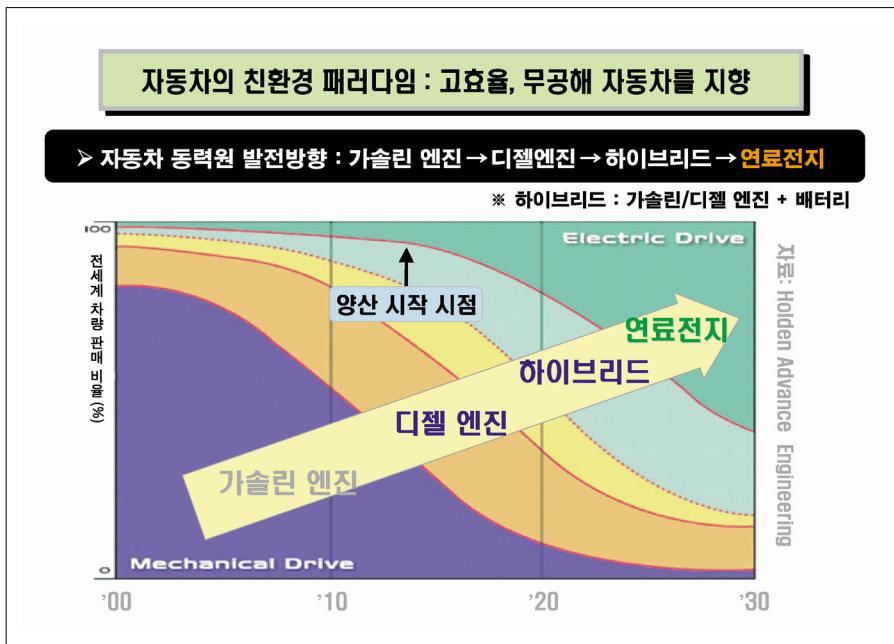
주 : 1) 수송부문 중 도로이동오염원만을 대상으로 추정된 값임

### 3) 친환경차량 보급 확대 지원 시 온실가스 저감잠재량 추정

#### 가) 친환경차량(하이브리드차, 연료전지차) 보급 확대 계획

최근 선진국을 중심으로 자동차산업의 패러다임이 기존의 내연기관 중심에서 고효율·무공해 자동차로 급속히 전환 중에 있어 환경친화적 자동차의 기술력 확보 여부가 국내 주력기간산업인 자동차산업의 생존을 결정할 것으로 보인다. 현재는 화석연료를 사용하는 내연기관 자동차의 비중이 절대적이지만, 향후 하이브리드차 및 연료전지 자동차의 비중 및 중요성이 급속히 증대될 전망이다. 하이브리드차는 중단기적으로 현재의 내연기관 차량과 순수 전기자동차의 단점들을 모두 보완 가능한 가장 현실성 있는 대안으로 부각되고 있다. 수소와 산소의 결합 시 발생하는 전기를 동력원으로 하는 연료전지 자동차는 보다 장기적인 관점에서 대안으로 부상될 전망이다(<그림 5-5> 참조).

우리나라는 친환경 자동차를 개발하여 선진국과의 기술개발 격차를 줄이고, 중국의 추격을 따돌림으로써 자동차산업과 국가 경제의 지속적인 발전을 도모하고자 환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률을 제정하였고(2004.10.22), <표 5-26> 및 <표 5-27>과 같이 하이브리드차와 연료전지차의 보급 계획을 수립하고 있다.



■ 그림 5-5. 향후 자동차산업의 주력 차종 변화 전망

■ 표 5-26. 하이브리드 자동차 보급 계획

연도	1단계 (2009 ~2011년)	2단계 (2012 ~2015년)	합계
개발 및 상품화 전략	국산화/양산진입	양산 및 수출산업화	-
양산물량(만 대)	7.5	75	82.5
국내보급물량(만 대)	6.5	41	47.5
수출물량(만 대)	1	34	35

자료: 한국자동차공업협회

■ 표 5-27. 연료전지 자동차 보급 계획

연도	1단계 (2009~2011년)	2단계 (2012~2014년)	3단계 (2015~2019년)
개발 및 상품화 전략	모니터링/시범운행	시범보급/국산화	양산진입/수출산업화
양산물량(대)	1,000	10,000	100,000
국내 보급물량(대/년)	1,000	10,000	50,000
수출물량(대/년)	-	-	50,000

자료: 한국자동차공업협회

#### 나) 저감잠재량 추정

본 연구에서는 친환경차량의 보급 확대를 통한 이산화탄소 저감잠재량을 분석하기 위해 정부 계획에 의거 2015년 기준으로 하이브리드차 10만 대(이중 Plug-in 하이브리드차는 20%인 2만 대)와 연료전지차 1만 대의 보급을 활용하기로 한다. 하이브리드차는 기존 휘발유차에 비해 연비는 48.2% 개선되며, 플러그인 하이브리드차는 기존 휘발유차 연비 대비 54.2% 개선<sup>42)</sup>, 연료전지차는 경유승합차 대비 100% CO<sub>2</sub> 감축(탄소중립적인 수소) 효과를 가져오는 것으로 예상된다.

2008년도 에너지총조사보고서에 의하면 휘발유차는 해당 연간 1,171.4리터를 소비하며, 경유승합차는 해당 연간 2,292.2리터(15인 이하)를 소비하였다. 2015년도 기준으로 친환경 차량의 보급 확대에 따른 에너지 수요 감소량을 추정하기 위해 2008년도 에너지총조사보고서의 해당 연간 에너지사용량을 활용하고자 한다.

정부의 친환경차량 보급계획에 따른 2015년의 에너지수요 감소량은 <표 5-28>에 나타난 바와 같이 하이브리드차 45,169kl(휘발유), 플러그인 하이브리드차 12,698kl(휘발유), 연료전지차 22,922kl(경유) 규모로 추정된다. 이를 CO<sub>2</sub> 배출량으로 환산하면 하이브리드차 95,758tCO<sub>2</sub>, 플러그인 하이브리드차 26,919tCO<sub>2</sub>, 연료전지차 59,367tCO<sub>2</sub> 감소하여 총 182,044tCO<sub>2</sub>를 감소하는 효과가 예상된다(<표 5-28> 참조).

42) 정부합동보도자료(2009.10.8)

■ 표 5-28. 친환경차 보급확대에 따른 이산화탄소 배출 감소량

친환경차	하이브리드차	Plug-in 하이브리드차	연료전지차	합계
2015년 보급대수(대)	80000	20000	10000	110,000
연비개선 효과	휘발유차 대비 연비 48.2% 개선; 2015년에 휘발유차는 해당 에너지 소비량 1,171.4ℓ를 가정	휘발유차 대비 연비 54.2% 개선; 2015년 휘발유차는 해당 에너지 소비량 1,171.4ℓ를 가정	2015년에 경유승합차 연간 에너지 사용량 대당 2,292.2ℓ(15인 이하)를 가정	-
2015년 에너지 수요 감소량(kℓ)	45,169 (휘발유)	12,698 (휘발유)	22,922 (경유)	-
2015년 이산화탄소 배출 변화량(tCO <sub>2</sub> )	-95,758	-26,919	-59,367	-182,044

#### 4) 유가보조금 폐지 시 온실가스 저감잠재량 추정

##### 가) 유가보조금제도 개요

유가보조금의 지급배정은 제1차 에너지 세계개편(2001.7~2006.7)과 제2차 에너지 세계개편(2005.7~2007.7 및 2007.7월 이후)에 따라 인상되는 유류세에 대해 서민 부담 및 산업전반에 미치는 영향을 완화하기 위하여 한시적으로 지원하는 것이다. 지급대상은 버스(경유), 택시(LPG), 화물차(경유) 등이며, 지급기준은 운송업계의 경우 2001~2002년은 인상분의 50%, 2003년 이후에는 인상분의 100%를 지원하고 있다.<sup>43)</sup>

2015년 기준 유가보조금 지급부문의 에너지 소비량은 버스(경유)의 경우 연간 2,037,249kℓ이고, 택시(LPG)는 3,606,315kℓ, 화물자동차(경유) 5,023,354kℓ로 추정된다.<sup>44)</sup> IPCC의 연료별 CO<sub>2</sub>배출계수에 따르면 경유의 단위당 이산화탄소 배출량은 2.59tCO<sub>2</sub>/kℓ, 수송용 LPG의 이산화탄소 배출량은 1.67tCO<sub>2</sub>/kℓ이므로 이를 적용하면 2015년도 기준 유가보조금 지급부문의 에너지 소비에 따른 이산화탄소 배출량은 총 24,309,506 tCO<sub>2</sub> 규모로 추정된다(〈표 5-29〉 참조).

43) 유가보조금의 지급실적은 2004년까지 약 2.5조원을 지급하였으며, 2006년에는 2.1조 원, 그리고 2007년에는 2.5조 원이 지원되었음

44) 2015년 연료 사용량은 〈표 5-12〉에서 추정된 전망치(TOE 기준)를 리터 단위로 환산한 것이며 경유는 27,907,526kℓ, LPG는 8,839,009kℓ로 전망됨

■ 표 5-29. 2015년 유가보조금 지급부문의 에너지 소비량 및 이산화탄소 배출량 추정

구분	소비량(kℓ)	CO <sub>2</sub> 배출량(tCO <sub>2</sub> )
버스(경유)	2,037,249	5,276,474
택시(LPG)	3,606,315	6,022,546
화물자동차(경유)	5,023,354	13,010,486
합계	-	24,309,506

이러한 유가보조금은 세계 혜택과 관련된 일종의 기후비친화적 보조금이라 할 수 있다. 즉, 유가보조금제도는 수송용 유류에 대한 세금인상분의 지원을 통해 특정 유류소비자의 이익과 소득을 보조해 주는 효과가 있어, 에너지 사용량을 증가시켜서 대기환경에 악영향을 미치며 이산화탄소 발생량의 증가에도 영향을 미칠 수 있기 때문이다.

#### 나) 저감잠재량 추정

유가보조금제도 폐지 시 에너지 수요 변화량을 추정하면 다음 <표 5-30>과 같다. 2008년 평균 에너지 가격은 경유가 리터당 1,614원(보조금 지급시 가격 1276.4원)이고 수송용 LPG는 리터당 1,009원(보조금 지급 시 가격 811원)이다. 여기에 유가보조금(경유 337.61원/ℓ, LPG 197.97원/ℓ)이 제거될 경우 경유의 가격변화율은 26.5%, 수송용 LPG는 24.4%로 나타났다. 여기에 가격 가격탄력성(<표 5-21> 참조: 경유 -0.273, LPG -0.122)을 곱하면, 경유의 수요변화율은 -7.2%가 되고, 수송용 LPG는 -2.98%가 된다. 경유 및 수송용 LPG에 대한 유가보조금 제거 시 연간 에너지 수요 변화량을 추정하면 <표 5-30>과 같다. 추정 결과 2009년 6월 이후 가격 변화율이 동일하고 현행 유가보조금이 2015년까지 지속된다고 가정할 경우, 유가보조금이 100% 제거될 때 경유는 -508,363kℓ, 수송용 LPG는 -107,468kℓ 만큼 연간 에너지 수요량이 감소될 것으로 추정되었다.

■ 표 5-30. 유가보조금 제거 시 에너지 수요 감소량

구분	경유	LPG
유가보조금 지급대상 에너지 사용량 (2015년, kℓ)	7,060,603	3,606,315
유가보조금 제거 시 에너지 수요 변화량 (2015년, kℓ)	-508,363	-107,468

〈표 5-30〉의 에너지 수요 변화량과 〈표 5-16〉의 수송용 연료별 이산화탄소 배출계수를 이용하여 유가보조금 제거에 따른 이산화탄소 저감량을 추정하면 〈표 5-31〉과 같다. 즉, 유가보조금을 100% 제거할 때 경유는 연간 1,316,660tCO<sub>2</sub>, LPG는 연간 179,471tCO<sub>2</sub>이 감소하여 총 1,496,131tCO<sub>2</sub>가 감소되는 것으로 전망된다.

■ 표 5-31. 유가보조금 제거에 따른 이산화탄소 배출 감소량

	경유	LPG	합계
수송용 연료별 이산화탄소 배출총량 <sup>1)</sup> (2015년, tCO <sub>2</sub> )	72,280,492	14,761,145	87,041,637
유가보조금(경유) 제거 시 이산화탄소 배출 변화량 (2015년, tCO <sub>2</sub> )	-1,316,660	-	-1,316,660
유가보조금(LPG) 제거 시 이산화탄소 배출 변화량 (2015년, tCO <sub>2</sub> )	-	-179,471	-179,471
유가보조금 제거에 따른 이산화탄소 배출 변화량(합계) (2015년, tCO <sub>2</sub> )			-1,496,131

#### 다. 본 연구의 수송부문 정책수단별 온실가스 저감잠재성 비교

앞에서 분석한 바와 같이 본 연구에서 제안한 수송부문의 감축정책 수단들은 이산화탄소 저감효과가 상당한 것으로 나타나 정책수단을 효율적으로 이행할 필요가 있다. 〈표 5-32〉와 〈그림 5-6〉은 본 연구의 주요 감축정책 수단을 대상으로 2015년 BAU 기준 이산화탄소 저감잠재량을 종합적으로 제시하고 있다. 이에 따르면 바이오연료 보급 확대 지원정책은 2015년에 4,274천tCO<sub>2</sub> (2015년 총 배출량의 3.9%), 자동차 연비기준 강화는 2,051천tCO<sub>2</sub> (2015년 총 배출량의 1.9%),

자동차연료에 대한 탄소세 부과는 1,952천tCO<sub>2</sub> (2015년 총 배출량의 1.8%), 자동차 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화는 1,603 천tCO<sub>2</sub> (2015년 총 배출량의 1.5%),유가보조금제도의 폐지는 1,496천

■ 표 5-32. 본 연구의 수송부문 정책수단별 온실가스 저감잠재성 요약

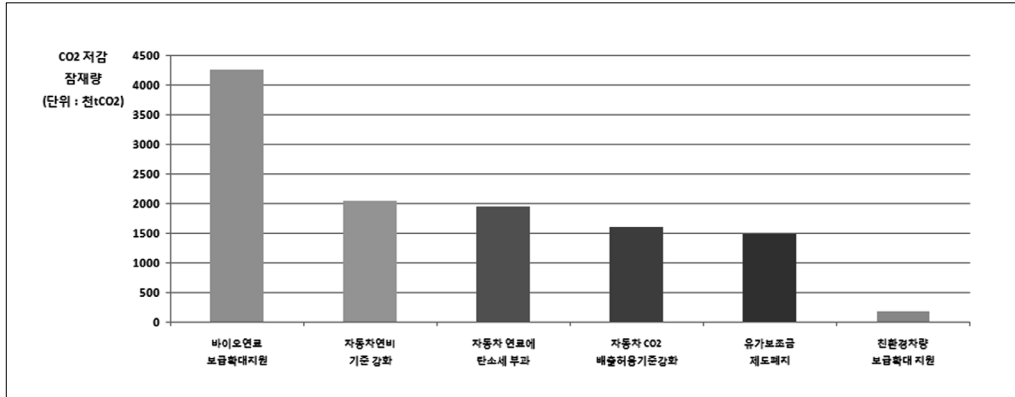
본 연구의 감축정책 수단	세부정책 대상	CO <sub>2</sub> 저감잠재량 (2015년 BAU 기준, 천tCO <sub>2</sub> )		2015년 수송부문 총CO <sub>2</sub> 배출량 <sup>1)</sup> 대비 감축비중(%)	CO <sub>2</sub> 감축 편익 <sup>2)</sup> (단위: 억원)
		세부정책 대상	총계		
바이오연료 보급확대 지원	바이오디젤	3,614	4,274	3.9	1,717
	바이오에탄올	660			
자동차 연비기준 강화 <sup>3)</sup>	휘발유차	812	2,051	1.9	855
	경유차	983			
	LPG차	256			
자동차연료에 탄소세 부과	휘발유	569	1,952	1.8	784
	경유	1,265			
	LPG	118			
자동차 CO <sub>2</sub> 배출허용기준 강화 <sup>3)</sup>	휘발유차	669	1,603	1.5	668
	경유차	665			
	LPG차	269			
유가보조금 제도 폐지	경유(버스, 화물차)	1,317	1,496	1.4	601
	LPG(택시)	179			
친환경차량 보급확대 지원 <sup>4)</sup>	하이브리드차	96	182	0.2	73
	Plug-in 하이브리드차	27			
	연료전지차	59			

주 1) 본 연구의 수송용 연료별 수요함수 추정을 통한 전망치(2015년 도로부문에서 109,024천tCO<sub>2</sub> 발생)의 점유율을 의미

2) CO<sub>2</sub> 배출비용은 Cambridge Eco<sub>2</sub>ometrics의 CO<sub>2</sub>배출권 가격 전망치인 톤당 25유로를 사용(2008년 연평균 환율 1유로 = 1,606.77원을 적용)

3) 본 연구의 수송부문 온실가스 감축수단 중에서 자동차 연비기준강화와 CO<sub>2</sub> 배출허용기준의 경우 이산화탄소 감축량에서 약간 차이가 나지만 이를 단순 비교하여 정책의 우선순위로 판단하는 것은 무리가 있음. 왜냐하면 여름철 자동차 운행 시 에어컨을 가동할 경우 프레온가스가 발생하는데 이는 CO<sub>2</sub> 동등 기준으로 매우 높지만 연비기준강화 정책은 이를 고려하지 않고 있음. 또한 에어컨의 사용은 연비악화를 가져옴. 일례로 일본자동차협회(2008)의 시험결과에 따르면 에어컨을 최대로 가동하였을 때의 모드연비가 최대 30% 정도 악화되며 대기온도가 높은 하절기에 최대 34%까지 연비 손실이 발생함

4) 하이브리드차 및 연료전지차의 정부계획에 의한 보급대수가 너무 적은 편임. 향후에는 온실가스 저감효과가 큰 하이브리드차, 연료전지차, 전기자동차의 대폭적인 보급 확대가 필요함



- 주: 1) 본 연구의 수송부문 온실가스 감축수단 중에서 자동차 연비기준강화와 CO<sub>2</sub> 배출허용기준의 경우 이산화탄소 감축량에서 약간 차이가 나지만 이를 단순 비교하여 정책의 우선순위로 판단하는 것은 무리가 있음. 왜냐하면 여름철 자동차 운행시 에어컨을 가동할 경우 프레온가스가 발생하는데 이는 CO<sub>2</sub> 동등기준으로 매우 높지만 연비기준강화 정책은 이를 고려하지 않고 있음. 또한 에어컨의 사용은 연비약화를 가져옴. 일례로 일본자동차협회(2008)의 시험결과에 따르면 에어컨을 최대로 가동하였을 때의 모드연비가 최대 30% 정도 악화되며 대기온도가 높은 하절기에 최대 34%까지 연비 손실이 발생함
- 2) 하이브리드차 및 연료전지차의 정부계획에 의한 보급대수가 너무 적은 편임. 향후에는 온실가스 저감효과가 큰 하이브리드차, 연료전지차 및 전기자동차의 대폭적인 보급 확대가 필요

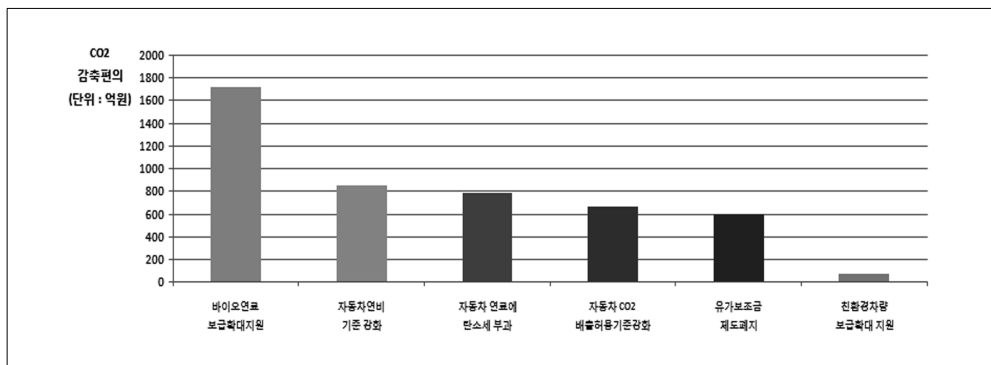
그림 5-6. 본 연구의 수송부문 정책수단별 온실가스 저감잠재성 추정

tCO<sub>2</sub> (2015년 총배출량의 1.4%), 친환경차량의 보급 확대 지원정책은 182천tCO<sub>2</sub> (2015년 총 배출량의 0.2%)의 저감효과를 가져오는 것으로 분석된다. 그러나 여기에 제시된 정책수단별 온실가스 저감잠재성을 정책실행의 우선순위로 판단하는 데 활용하는 것은 무리가 있다고 생각되며,<sup>45)</sup> 본 연구의 정책수단별 저감잠재성 분석은 현실성의 제약하에서 다양한 가정을 통해 정책효과를 부분균형적 접근방법으로 정량화하는 하나의 시도로 간주하면 좋을 것으로 판단된다.

또한 <표 5-32>와 <그림 5-7>은 본 연구에서 제안한 주요 감축정책 수단의 2015년 BAU 기준 CO<sub>2</sub> 감축편익의 추정 결과를 보여주고 있다. 이에 따르면 바이오연료 보급 확대 지원정책은

45) 본 연구의 수송부문 온실가스 감축수단 중에서 자동차 연비기준강화와 CO<sub>2</sub> 배출허용기준의 경우 이산화탄소 감축량에서 약간 차이가 나지만 이를 단순 비교하여 정책의 우선순위로 판단하는 것은 무리가 있음. 왜냐하면 여름철 자동차 운행시 에어컨을 가동할 경우 프레온가스가 발생하는데 이는 CO<sub>2</sub> 동등 기준으로 매우 높지만 연비기준강화 정책은 이를 고려하지 않고 있음. 또한 에어컨의 사용은 연비약화를 가져옴. 일례로 일본자동차협회(2008)의 시험결과에 따르면 에어컨을 최대로 가동하였을 때의 모드연비가 최대 30% 정도 악화되며 대기온도가 높은 하절기에 최대 34%까지 연비 손실이 발생함

2015년에 1,717억 원, 자동차 연비기준 강화는 855억 원, 자동차연료에 대한 탄소세 부과는 784억 원, 자동차 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화는 668억 원, 유가보조금제도의 폐지는 601억 원, 친환경차량의 보급 확대 지원정책은 73억 원의 편익을 가져오는 것으로 분석된다. 그러나 여기에서 사용한 CO<sub>2</sub> 배출비용은 Cambridge Eco2ometrics의 CO<sub>2</sub> 배출권 가격 전망치인 톤당 25유로(2008년도 연평균환율을 적용하면 tCO<sub>2</sub>당 40,169원)를 이용하였기 때문에 본 연구에서 제시한 CO<sub>2</sub> 감축 편익은 실제 이산화탄소 톤당 피해비용(marginal damage co2t/tCO<sub>2</sub>)을 반영하지 못하는 측면이 있어서 그 피해가 과소 추정될 가능성이 있다.



■ 그림 5-7. 본 연구의 수송부문 정책수단별 온실가스 감축편익 추정

#### 4. 수송부문의 온실가스 감축정책 추진방안

지금까지 우리는 수송부문의 온실가스 저감잠재성을 주요 정책수단별(규제정책/ 재정정책수단)로 2015년 기준으로 추정하여 보았다. 각 정책수단은 전술한 바와 같이 온실가스 저감잠재성을 상당히 가지고 있어 향후 기후변화협약에 대응하기 위해서는 정책믹스(Policy Mix)를 통한 효율적인 추진방안 마련이 필요하다. 이를 위해서는 앞에서 제시된 정책수단들의 실행 시 예상되는 장애요인들을 충분히 검토한 뒤 구체적인 정책 추진방안을 모색할 필요가 있다.

### 가. 본 연구의 감축정책 실행 시 기대효과 및 장애요인

〈표 5-33〉은 앞에서 분석한 수송부문의 온실가스 감축정책 수단을 실제로 이행할 경우 수반되는 기대효과와 정책 실행 시 예상되는 장애요인을 개괄적으로 제시하고 있다. 특히 감축정책 수단 이행 시 예상되는 장애요인들을 충분히 검토한 후에 실행하는 것이 사회적 비용을 최소화할 것으로 판단된다.

■ 표 5-33. 본 연구의 감축정책 실행 시 기대효과 및 장애요인 분석

본 연구의 감축정책	기대효과	정책실행 시 장애요인
자동차 연비기준 강화/CO <sub>2</sub> 배출 허용기준 강화	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 고연비차/CO<sub>2</sub> 저배출차 보급 확대</li> <li>- 에너지 사용량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 감축</li> <li>- 고연비차/CO<sub>2</sub> 저배출차 기술개발 촉진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 자동차 제조회사들의 기술수준 제고 어려움</li> <li>- 담당 정부부처들의 정책협조 어려움</li> </ul>
자동차 연료에 탄소세 부과	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 사용량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 감축</li> <li>- CO<sub>2</sub> 저배출 기술개발 촉진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 납세자들의 세부담 증가로 인한 조세 저항</li> <li>- 정책담당자들이 시행에 소극적</li> </ul>
바이오연료 보급 확대 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CO<sub>2</sub> 배출량 감축</li> <li>- 에너지 공급 다변화를 통한 에너지 안보 증대</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 정부 재정지출 확대</li> <li>- 원료수급의 불안정성</li> <li>- 차량의 기술적 문제</li> </ul>
친환경차량 보급 확대 지원	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 사용량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 감축</li> <li>- CO<sub>2</sub> 저배출 자동차 기술개발 촉진</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 높은 자동차 가격, 성능문제 및 관련 인프라 부족 등으로 사회적 수용성이 낮음</li> <li>- 시장규모가 협소</li> <li>- 정부 재정지출 확대</li> </ul>
유가보조금 제도 폐지	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 에너지 사용량 및 CO<sub>2</sub> 배출량 감축</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 기존 유가보조금 수혜자의 저항</li> <li>- 정책담당자들이 시행에 소극적</li> </ul>

## 나. 본 연구의 감축정책 추진방안

### 1) 연비/CO<sub>2</sub> 배출허용기준 시행방안

우리나라의 평균 배기량을 국제적으로 비교하여 보면 매우 높음을 알 수 있다, <표 5-34> 및 <그림 5-8>에 나타나 바와 같이, 2007년도 기준으로 우리나라는 신규등록 차량의 평균배기량이 2,113cc로 EU의 1,744cc, 독일의 1,863cc, 이탈리아의 1,588cc, 룩셈부르크의 1,970cc에 비해 매우 높아 중대형차를 선호하는 경향이 뚜렷하다고 할 있다. 향후 수송부문에서 기후변화협약 준수 및 우리나라의 온실가스 감축공약 대응을 위해서는 에너지 사용량이 적고 온실가스 감축량이 우수한 경차 및 준중형차 등 소형차의 보급 확대가 필요할 것이며 이를 위한 정책 지원이 수반되어야 할 것이다.

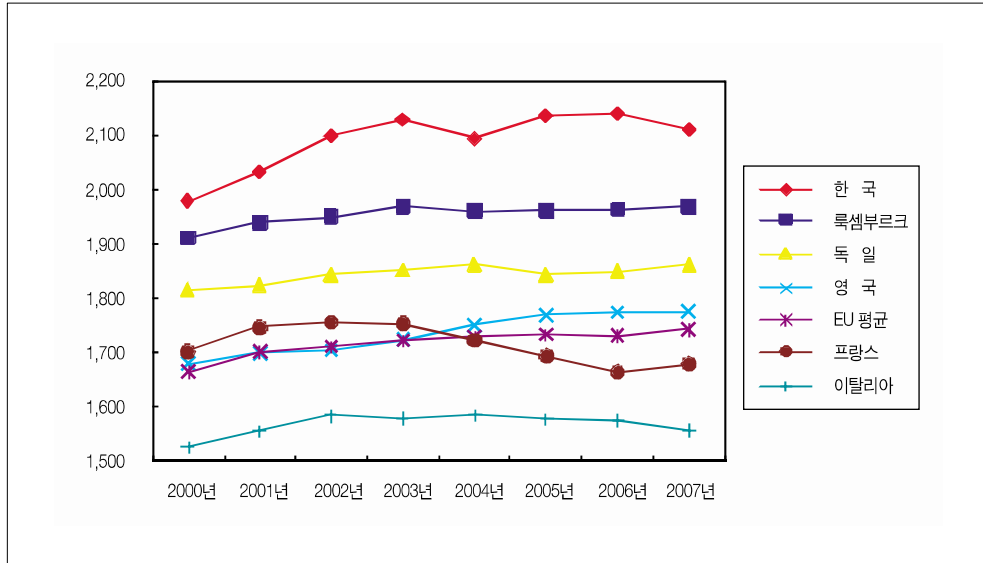


그림 5-8. 유럽 및 한국의 신규등록 차량 평균 배기량 비교

표 5-34. 유럽 및 한국의 신규등록 차량 평균 배기량 비교

(단위 : cc)

국가/연도	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
한 국	1,980	2,034	2,100	2,130	2,096	2,137	2,142	2,113
룩셈부르크	1,912	1,940	1,951	1,970	1,961	1,963	1,964	1,970
스웨덴	1,912	1,967	1,972	1,984	1,988	1,990	1,972	1,964
독일	1,816	1,825	1,844	1,852	1,863	1,844	1,851	1,863
핀란드	-	1,784	1,767	1,769	1,804	1,816	1,836	1,851
스페인	1,744	1,748	1,753	1,744	1,734	1,726	1,710	1,784
영국	1,681	1,700	1,705	1,725	1,752	1,771	1,775	1,777
오스트리아	1,841	1,846	1,850	1,849	1,810	1,776	1,769	1,765
EU평균	1,665	1,703	1,713	1,723	1,731	1,735	1,732	1,744
벨기에	1,749	1,783	1,770	1,761	1,735	1,721	1,711	1,723
네덜란드	1,662	1,701	1,687	1,714	1,711	1,720	1,699	1,703
프랑스	1,704	1,748	1,757	1,754	1,724	1,695	1,666	1,680
덴마크	1,675	1,716	1,703	1,702	1,684	1,654	1,654	1,651
아일랜드	1,447	1,526	1,563	1,569	1,592	1,604	1,624	1,637
포르투갈	1,432	1,482	1,490	1,499	1,523	1,524	1,537	1,559
이탈리아	1,528	1,557	1,585	1,581	1,587	1,579	1,577	1,558
그리스	-	-	-	1,496	1,544	1,541	1,537	1,548

자료 : AAA(Asociation Auxiliaries de l' Automobile), 한국교통연구원

자동차의 연비기준 강화 정책이나 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화 정책의 이행을 위해서는 차량 구매 시 평균연비보다 더 높은 연비를 갖춘 차량 혹은 CO<sub>2</sub> 저배출 차량에 대해서는 보너스(bonus)를 주고, 평균보다 연비가 더 낮은 차량 혹은 CO<sub>2</sub> 고배출 차량에 대해서는 패널티(malus)를 부과하거나 자동차 구매 시 차등적인 세금을 부과하는, 이른바 연비/CO<sub>2</sub> 배출량 보상제(feebate)를

시행함으로써 수송부문의 연비를 개선시키거나 CO<sub>2</sub> 배출량을 줄일 수 있다. 연비/CO<sub>2</sub> 배출량 보상제는 자동차 제조회사들이 시장 혜택을 받기 위해서 현재의 평균보다 더 효율이 좋은 차량을 꾸준히 개발하고 시판함으로써, 연비 개선 혹은 CO<sub>2</sub> 저배출 차량개발을 지속적으로 촉진시킬 수 있다는 장점이 있다. 2001년 1월 1일부터 시행하고 있는 프랑스의 “Malus-Bonus제도”는 우리에게 시사하는 바가 크다. <표 5-35>에서처럼 프랑스는 CO<sub>2</sub> 저배출 차량 구매시 보너스를 지급하고, 고배출 차량 구매 시 벌금을 부과하고 있다.

표 5-35. 프랑스의 차량 구매 시 인센티브/패널티 제도

CO <sub>2</sub> 배출량 (g/km)	인센티브(유로)	패널티(유로)	
60 이하	5,000		
60 ~ 100	1,000		
101 ~ 120	700		
121 ~ 130	200		
131 ~ 160	-		
161 ~ 165		200	
166 ~ 200		750	
201 ~ 250		1,600	
250 이상			2,600

<표 5-36>에 나타난 바와 같이 프랑스는 “Malus-Bonus제도”의 시행으로 인해 이산화탄소 배출 차량의 구매패턴이 변화하고 있다. 즉 CO<sub>2</sub> 저배출 차량이 2007년 대비 77~487%로 증가하였고, 이산화탄소 배출량 140g/km 이하 차량 판매가 7년만에 2배로 상승하는 성과를 거두어 수송부문에서 성공적인 온실가스 감축제도로 평가되고 있다.

■ 표 5-36. 프랑스의 이산화탄소 저/고 배출 차량의 판매량 변화

차량의 CO <sub>2</sub> 배출량(g/km)	2007년 등록(대수)	2008년 등록(대수)	변화율(%)
100g 이하	355	2,086	+487.3
100~120	405,674	718,448	+77.1
121~130	229,570	209,368	-8.8
131~160	932,577	835,589	-10.4
161~165	50,934	38,557	-24.3
166~200	317,456	183,807	-42.1
201~250	96,417	46,666	-51.6
251g 이상	27,934	12,263	-56.1

## 2) 탄소세 도입 방안

에너지원별 탄소배출량에 따른 사회적 비용을 가격체계에 반영하기 위하여 기존 조세체계와 별도로 탄소세와 같이 명시적으로 신규 세목을 신설할 필요가 있다. 이 경우 기존 과세베이스의 조정 없이 별도로 에너지원별 탄소배출량에 따라 충실하게 과세할 수 있는 장점이 있다. 특히 탄소세 초기 도입 이후 탄소저감을 위한 정책목표의 변화 및 달성 여부에 따라 추가적인 세율체계의 조정 및 정비가 용이하다. 그러나 동시에 탄소세의 도입으로 경제에 미치는 부정적인 영향을 최소화하기 위해서는 전략적 및 정책적 산업부문에 대한 세 부담 경감의 보완 등이 필요할 것이며, 이에 대한 효과적인 대비책이 병행되어야 할 것이다. 탄소세 도입 시 전반적 세 부담이 늘어나지 않도록 각종 부담금의 인하 혹은 기업주의 고용보험료 등 사회보장부담금의 인하와 연계하여 원칙적으로는 세수 중립적으로 운영할 필요가 있으며, 독일처럼 탄소세 세수의 일부를 온실가스 저감사업에 재정투자하는 방향으로 추진할 필요가 있다.<sup>46)</sup> 또한 산업 및 취약계층의 부담완화를 위해 탄소세의 세부담 경감방안도 아울러 마련할 필요가 있다.

탄소세 도입은 탄소배출권거래제, 각종 배출 및 효율기준 강화 등 비세제 요소와 조세체계

46) 추가적으로 발생하는 세수의 일부를 신재생에너지기술, 에너지 효율 기술 및 환경산업 육성 등 기후변화대책의 재원에 활용하는 방안을 고려

개편을 병행 하여야 한다. 예를 들면 기간산업인 철강산업, 석유화학, 비철금속, 자동차, 조선, 전기전자 등 산업계 업종별 배출권거래제나 자발적협약제도(VA)의 이행(CDM, 공정효율화, 기타 감축, 적응 노력) 실적과 탄소세 도입 및 강화 시의 각종 세제 혜택이나 경감조치를 적극 연계할 필요가 있다.<sup>47)</sup> 다만 탄소세 도입 시 온실가스 감축 국제협상, 국가업종별 감축목표, 기업부담 등을 고려하면서 신중히 검토해야 한다. 우리나라는 무역의존도가 높고 에너지 다소비 업종 중심의 산업구조로 인해 탄소세 도입 시 국제경쟁력 약화 등 산업 부문에 악영향을 미칠 우려도 있기 때문에, 탄소세를 도입하더라도 경제 전반에 미치는 영향을 최소화하기 위해 단계적으로 도입할 필요가 있다. 향후 국제협상을 통해 우리의 국가 감축목표를 확정 한후 관련 목적을 달성하기 위하여 탄소세를 점진적으로 강화하되, 기타 경제적 수단과의 감축효과를 상호 비교하고 비용효과성을 감안한 적정 정책 믹스(optimal policy mix)를 제시할 필요가 있다.

### 3) 바이오연료 보급 확대 지원방안

우리나라의 바이오연료(특히, 바이오에탄올) 보급 활성화를 위해서는 우선, 연차별 보급 목표를 설정하고 이를 이행하기 위한 구체적인 보급계획 마련이 필요하다. 또한 국내 바이오연료의 보급 확대를 위한 인센티브 제도의 구축이 필요하다. 기존의 수송용 연료에 비해 바이오연료는 공장도 가격이 높아 가격경쟁력이 낮으며, 국내생산업체의 생산기술 및 시장규모도 미흡한 실정이다. 따라서 국내 바이오연료의 시장규모 확대 및 바이오연료 생산업체의 기술력 증대 등을 통한 가격하락을 유인하기 위하여 세제지원 및 재정투자가 필요하다. 또한 바이오에탄올의 경우 보급 인프라 구축(제조, 저장, 유통단계)이 필요하며 생산, 저장 및 유통 관련 인프라 지원과 기술개발 지원이 요구된다.

향후 바이오연료의 수급안정성을 제고시키는 문제도 중요하다. 향후 개도국 중심의 자동차 보급이 더욱 확대될 것으로 전망됨에 따라 자동차의 연료 사용량이 증가할 것이며, 기후변화 대책의 일환으로 바이오연료 사용이 전 세계적으로 확대될 것이다. 따라서 우리나라의 바이오연료

---

47) 한국조세연구원(2008.12)

수입에 불확실성이 수반될 것으로 보인다. 그러므로 국내 산 바이오연료의 이용 확대를 기본시책으로 하여 바이오연료의 국내 공급비중 증대 및 해외조달분의 공급 안정성 제고를 위한 정책 지원이 필요하다.

#### 4) 친환경차 보급 확대 지원방안

앞에서 분석한 바와 같이 정부의 기존 친환경차(하이브리드 자동차, 연료전지 자동차) 보급 계획으로 인한 온실가스 저감 잠재량은 매우 낮은 실정이다. 이것은 정부가 친환경차 보급 수준을 너무 낮게 잡고 있는 것에 기인하고 있다. 향후 온실가스 저감잠재성이 큰 분야인 친환경차의 경우 대폭적인 보급 수준 확대가 필요하며 이를 위해서는 자동차 구매시 인센티브를 제공한다거나 중장기적으로는 현행 배기량 기준으로 되어 있는 자동차 세제를 CO<sub>2</sub> 배출량과 연계시켜 개편하는 것이 필요하다. 또한 전기자동차의 보급 확대 정책도 수송부문의 온실가스 감축을 위해 매우 중요한 정책과제라고 판단된다.

친환경차의 보급 확대 정책을 구체적으로 제안하면 다음과 같다. 하이브리드차는 보급대수의 확대로 국내시장의 자생력 확보(규모의 경제 실현 및 시장리스크 최소화)가 필요하다. 이를 위해서는 일반 소비자에게도 보급을 확대할 필요가 있다. 연료전지차 및 전기자동차의 경우에는 시범보급 확대로 초기시장의 형성이 필요하다. 이를 위해서는 전국적으로 충전시스템을 구축하고, 관련 법규 정비 및 규제완화 정책이 필요하다. 친환경차 보급 활성화를 위한 정부 지원정책은 크게 세제지원과 보조금 지급정책 구분하여 수행할 수 있다. 하이브리드차는 일정기간 동안 구매단계 및 운행단계에서 세제혜택(특소세, 취득등록세) 위주로 정부에서 지원할 필요가 있다. 연료전지차와 전기자동차는 개인 및 법인의 구매자에 대해 차량구매 및 운행단계에서 일정금액의 보조금을 지원하며 동시에 세제혜택을 제공할 필요가 있다.

#### 5) 유가보조금제도 폐지방안

에너지 가격정책은 에너지정책의 중심에 자리잡고 있다고 할 수 있다. 에너지 가격정책이 제대로 이루어질 경우 정부 개입의 한 형태로서 요구되는 나머지 에너지 정책의 필요성과 강도는 현저하게

약화되며, 전반적인 에너지 정책체계가 보다 일관성을 가지고 정책의 효율성도 제고될 수 있을 것이다. 현재 우리나라 에너지 정책의 많은 문제점과 이를 해결하기 위해 도입된 환경유해보조금을 포함한 일관성 없는 지엽적 단편적 시책이나 프로그램들은 대부분 에너지 정책의 기본이라 할 수 있는 에너지 가격정책의 왜곡에서 연유하고 있다. 따라서 향후 에너지 가격은 시장의 효율적 자원배분 기능 확대에 중요한 기능을 할 것으로 판단되며, 에너지 가격 시책 중 환경유해보조금의 개편은 에너지 안보 및 다원화, 환경성, 사회적 형평성, 물가안정 등 주요 정책목표와의 조화를 도모하는 데 중요한 정책수단으로 작용할 것으로 판단된다. 그러므로 에너지부문의 자원배분이 효율적으로 이루어질 수 있도록 한계비용과 외부비용 등을 반영한 가격체계 개편이 필요하다.<sup>48)</sup>

정부는 2차 에너지세제 개편에 의거하여 세율인상분만큼 유가보조금을 지불하고 있다. 이러한 방식은 궁극적으로는 국민부담을 증가시키는 문제점이 있다. 세금 부과 시 초과부담(Excess burden)의 존재로 인해 국민부담은 국가가 징수하는 세액보다 커진다. 따라서 세율인상분만큼 보조금을 지급하여도 증가한 국민부담을 완전히 상쇄할 수 없다. 또한 보조금 지급 단계에서도 초과부담이 발생하는 바, 보조금으로 인해 상쇄되는 국민부담의 정도는 실제 정부가 지출하는 보조금 총액보다 작아진다.<sup>49)</sup>

향후에는 화물 및 여객운송업계의 운임 및 운송료 현실화를 통한 유가보조금의 단가 인하를 유도할 필요가 있다. 유가보조금의 지급 배경에는 제1차 및 제2차 에너지세제 개편에 따른 유류세 인상 외에도 화물 및 여객운송업에서 운송료가 낮다는 것이었다(화물업계의 지나친 경쟁과 공급과잉, 정부의 공공요금 인상 억제 등에 기인). 또한 신재생에너지 및 친환경에너지를 이용한 유류(예: 바이오디젤)의 유류세율 인하 및 세제지원 등 현재의 에너지 소비가 친환경적인 패턴이 되도록 유도할 필요가 있다.

정부는 유가보조금 감축으로 발생하는 재원의 일부를 운송업부문의 경쟁력 강화 및 친환경에너

48) 제3차 G20 정상회의(2009.9.24-25)에서 향후 5년 내 G20 국가의 화석연료전력 보조금 철폐 추진 및 2020년까지 非 G20 국가의 화석연료전력 보조금 철폐 논의한바 있음. 우리나라에서도 외교부, 지식경제부, 환경부 등 관계부처를 중심으로 대응 대책을 논의 중에 있음

49) 국회예산정책처(2008)

지 이용 촉진에 재정을 투자하는 방안을 검토할 필요가 있다. 또한 환경보호나 경제적 효율성 제고를 위한 환경유해보조금의 제거 내지 폐지는 여러 가지 정책목표 간에 상충관계가 존재할 수 있으므로 정책적 우선순위에 따라 신중하게 접근하여 한꺼번에 일괄적으로 실시하기보다는 점진적이고, 단계적으로 추진해야한다. 이때 세수 및 효율개선 효과 이외에도 물가관리나 특정계층 보호에 대한 정책적 실효성, 오염원별 환경규제 강도 등을 종합적으로 감안해야 할 것이다.<sup>50)</sup>

---

50) 한국환경정책·평가연구원(2008.12)





## 제6장

국내 건물부문 온실가스  
저감잠재성 분석 및 감축정책  
추진방안

## 1. 전력수요함수 추정 및 온실가스 저감잠재성 분석

여기에서는 전기의 수요 함수를 통해 전기 가격 시나리오별 건물부문 전기 사용량 저감 잠재량을 추정하고 다음, 이를 바탕으로 전력가격 시나리오별 온실가스 저감량을 추정한다. 여기서, 건물부문이라 함은 가정상업부문을 총괄한다. 그리고 특별히 전기에 주목한 이유는 다음 세 가지 이유를 들 수 있다.

첫째, 전기는 다른 연료를 연소시켜 발생시키는 에너지이므로 생산과 송전과정에서 일정 정도 열손실이 발생하며, 전력 생산 시 원자력, 수력, 천연가스 등의 무탄소 혹은 저탄소 연료를 상당히 사용하고 있더라도 가장 높은 수준의 이산화탄소를 배출하는 에너지라고 볼 수 있기 때문이다. 둘째, 현재 건물부문 전체 에너지 사용량 중 전력이 차지하는 비중이 꾸준히 늘고 있기 때문이며, 셋째, 한전이라는 공기업에서 독점적으로 생산하고 있으므로 자료 수집이 용이한 반면 타 에너지는 정확한 분석을 위한 신뢰성 있는 자료가 불충분하기 때문이다.

### 가. 시계열 분석 모형<sup>51)</sup>

시계열 분석은 과거 및 현재의 시계열 자료에 근거하여 미래에 관해 추론하는 방법이다. 시간의 변화에 따라 나타나는 다양한 형태의 변수값이 어떤 일정한 추세를 보이면 미래에도 이러한 추세가 계속될 가능성을 보이는 것으로 판단하고 이에 대해 추론하는 것이 시계열 분석의 목적이다. 시계열 분석 방법은 시간에 대해 독립적인 상태분석과는 달라서 시계열 자료가 통계적 추론을 하기 위한 전제 조건을 만족하는지에 대한 검정이 전제되어야 한다. 일반적인 통계적 추론에서는 모집단의 확률 분포가 하나로 고정되어, 이 불변의 모집단에서 독립적으로 표본을 관찰하여 추론한다. 그러나, 시계열 자료는 어느 한 시점에서 하나의 관측치만이 존재하며, 이러한 관측치가 시간의 변화에 관계없이 하나의 불변인 모집단에서 나온 표본이 아닐 수 있다. 만약 모든 시점에서의 관측치가 동일한 모집단에서 관측된 것이 아니라면 일반적인 상태분석에서 사용한 통계적 추론은 의미를 가질 수 없다.

51) 본 절은 민동기(1999) 외, 『생활용수 수요 추정에 관한 연구』의 시계열 분석 모형에 대한 설명 부분을 인용함.

### 1) 안정성(Stationarity)

시계열 분석을 통한 통계적 추론이 의미를 가지기 위해서는 우선 시계열 자료의 안정성을 검정하여 모집단의 불변성이라는 전제조건이 만족되는지를 분석한다. 안정성을 가지는 시계열 자료는 각 시점에서의 확률변수의 평균과 분산이 일정하고 계열상관(serial correlation)이 시간에 무관하여 단기적인 계열상관에 의존한다.<sup>52)</sup> 따라서, 안정성을 가지는 시계열 자료는 시간의 변화에 따른 관측치가 안정적인 수준보다 높으면(낮으면), 그 값이 미래에 떨어질(올라갈) 것을 예상할 수 있어 통계적 추론을 위한 조건을 충족하나, 불안정성을 보이는 시계열 자료는 관측치가 평균을 벗어나 불규칙적으로 움직여서 그 평균이 안정적인 값을 가지지 못한다. 이와 같이 불안정성을 보이는 시계열 자료를 이용한 통계적 추론은 오도된 가성결과(spurious results)를 보여 경제적인 의미를 가지지 못한다. 예를 들면, 다음과 같은 형태의 AR(1)(Autoregressive model of order 1) 모형은

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \epsilon_t$$

$\epsilon_t$ 는 안정적인 오차항(white noise : 백색잡음)

다음 형태의 MA( $\infty$ )(Moving-average model of order  $\infty$ )로 표현될 수 있다.

$$y_t = \epsilon_t + \alpha \epsilon_{t-1} + \alpha^2 \epsilon_{t-2} + \dots$$

위 식의 평균과 분산을 구하면  $E[\epsilon] = 0$  이므로,

$$E[y_t] = 0$$

$$\begin{aligned} \sigma_y^2 &= E[(y_t - \mu_y)^2] \\ &= E[(\epsilon_t + \alpha \epsilon_{t-1} + \alpha^2 \epsilon_{t-2} + \dots)^2] \end{aligned}$$

52) 통계학, 정운찬 외, 1998

여기서  $t-i$ 와  $t-j$  시점이 다르면,  $\epsilon_{t-i}$ 와  $\epsilon_{t-j}$ 는 서로 상관관계가 없으므로 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\sigma_y^2 = E\left[\sum_{i=0}^{\infty} (\alpha^i)^2 \epsilon_{t-i}^2\right] = \sigma_\epsilon^2 \left(\sum_{i=0}^{\infty} (\alpha^i)^2\right)$$

변수  $y$ 가 안정적이기 위해서는 분산이 유한한 값을 가져야 하는데, 만약  $|\alpha| < 1$ 이면 변수  $y$ 는 안정적이다. 그러나  $|\alpha| \geq 1$ 이면 분산이 시간에 비례하여 증가하므로 변수  $y$ 는 불안정적이다. 안정적 시계열 변수는 외부 충격의 효과가 기하학적으로 감소하나, 불안정적 시계열 변수는 그 효과가 항구적으로 그 시계열이 회귀할 안정적인 수준이 존재하지 않는다. 따라서 시계열 변수들이 모두 안정성을 만족하면 회귀분석을 통한 통계적 추론이 올바른 추정치를 제공할 수 있으나, 시계열 자료가 불안정성을 보이면 통계적 추론이 올바른 추정치를 제공할 수 없으므로 우선 시계열을 안정적으로 변환시켜야 한다. 안정적인 시계열 자료를 만들기 위하여 사용되는 방법은 자료를 성장률로 변환시키거나 원 계열 자료에 대해 자연대수 값을 취하는 것 등이 있다.

## 2) 공적분(Cointegration)

시계열 변수들이 불안정성을 보일 경우, 이들 시계열 변수 간의 관계를 나타낸 관계식이 안정적인 장기적 균형관계를 보이면 이를 시계열 분석에서는 변수 간에 공적분 관계가 있다고 한다. 예를 들면, 불안정성을 보이는 두 개의 시계열 변수를  $Y_t$ 와  $Z_t$ 라 하고 이들 간의 관계식을 다음과 같이 정의하면

$$Y_t = Z_t + U_t$$

위 식에서  $Y_t$ 와  $Z_t$ 의 차이가 무한히 한 방향으로 증가하거나 감소하면  $U_t$ 는 불안정적이지만,  $Y_t$ 와  $Z_t$ 의 차이가 장기적인 측면에서 평균적인 관계로 회귀하면  $U_t$ 는 안정적이다.  $U_t$ 가 안정적

이런 시계열 변수  $Y_t$ 와  $Z_t$ 는 공적분 관계에 있다고 한다.  $U_t$ 가 안정성을 보이면, 이 오차항은 평균인 0으로 회귀하고자 한다. 이러한 특성은 시계열 변수  $Y_t$ 와  $Z_t$ 가 서로 독립적으로 움직이지 못하도록 한다. 공적분 관계가 없다는 것은 각 설명변수들이 서로 독립적으로 움직임을 의미하며 이러한 변수들은 실제적으로는 의미 있는 관계가 존재한다고 볼 수 없다. 그러나 이들을 회귀분석 하면 그 관계가 유의성이 있는 오도된 결과를 보이기도 한다. 따라서 두 변수 간의 관계를 보기에 앞서, 공적분 검정이 선행되어야 한다.

### 3) 분석 모형

가정 및 상·공업부문의 전력 수요량을 추정하기 위해 첫째로 가정 및 상·공업부문 전력 수요에 영향을 미치는 변수와 함수 형태를 설정하여야 한다. 전력 수요량에 영향을 미치는 변수로 부문별 전력 평균 가격, 실질 소득을 포함한 수요함수 형태는 다음과 같다.

$$\log Q_t = \alpha_0 + \alpha_1 \log P_t + \alpha_2 \log Y_t + \alpha_3 \log D_t + \epsilon_t$$

$Q$  : 수요량

$P$  : 부문별 전력가격

$Y$  : 실질 GDP

$D$  : 분기 더미 변수

위와 같은 로그선형 함수형태는 본 연구에서 하고자 하는 경제변수, 즉 가격과 소득의 변화에 따른 전력 수요량의 예측을 용이하게 하는 개별변수의 탄력성을 도출하기가 수월하다.

### 4) 자료 분석

가정 및 상업·공공부문의 전력 수요량을 예측하기 위해 본 연구에서는 한국전력에서 매월 발간하는 “전력통계속보”에서 2000년 1분기부터 2009년 2분기까지의 부문별 전력 수요량 및

판매수입에 대한 시계열 자료를 수집하였다. 분기별 GDP는 한국은행 자료를 이용하였으며 소비자물가지수는 에너지경제연구원 자료를 이용하였다.

전력수요량 예측을 위하여 사용된 개별 변수들의 자료 특성을 분석한 <표 6-1>에 의하면 가정용 전력 수요량 분기 평균은 12,000,000Mwh이고 분기 최대 전력 수요량은 14,900,000 Mwh, 최소 전력 수요량은 8,800,036Mwh이다. 가정용 전력가격은 전력통계연보의 계약종별 판매량 및 판매수입 자료에서 주택용 판매수입액을 판매량으로 나눈 추정치를 이용하였다. 이러한 가정용 전력가격의 분기 평균은 110.23원/Mwh이고, 최대 121.85원/Mwh, 최소 88원/Mwh이다. 상업·공공 부문 전력 수요량 분기 평균은 26,800,000Mwh이고 분기 최대 전력 수요량은 39,400,000Mwh, 최소 전력 수요량은 16,200,000Mwh이다. 가정용 전력가격은 전력통계연보의 계약종별 판매량 및 판매수입 자료에서 일반용 전력 판매 수입액을 일반용 전력 판매량으로 나눈 추정치를 이용하였다. 이러한 상업·공공부문 전력가격의 분기 평균은 99.13원/Mwh이고 최대 116.85원/Mwh, 최소 89.57원/Mwh이다.

분석 기간 중 분기 평균 국내총생산은 210조 4,407억 원이고, 최대 국내총생산은 256조원, 최소 국내총생산은 161조 1,069억 원이다.

■ 표 6-1. 분기별 자료 특성 분석(1999.1분기~2009.2분기)

변수명	단위	평균	최대	최소	표준편차
가정용 전력가격	원	원	110.23	121.85	90.21
가정용 전역 수요량	Mwh	Mwh	12,000,000	14,900,000	8,800,036
상업·공공 전력 가격	원	원	99.13	116.85	89.57
상업·공공 전력 수요량	Mwh	Mwh	26,800,000	39,400,000	16,200,000
국내총생산(GDP)	10억원	10억원	210,441	256,000.3	161,106.9

## 나. 시계열 모형의 실증 분석

### 1) 안정성 검정

개별 변수들의 시계열 자료에 대한 안정성 검정은 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정을 이용하였다. 검정식의 귀무가설은 변수가 불안정적이라는 즉, 단위근이 존재하는 것으로 하여 검정 통계량이 임계치(Critical Value)보다 작으면 귀무가설은 기각되어 변수는 안정적(단위근이 없음)이고, 임계치보다 크면 불안정성을 보인다.

부문별 전력 수요량 예측을 위한 변수들의 안정성 검정을 추세(trend)와 상수(intercept)를 포함하는 경우와 제외하는 경우에 따른 검정 결과를 나타낸 <표 6-2>를 보자. 상수와 추세가 없는 경우의 안정성 검정 결과에 의하면 모든 변수들이 귀무가설을 기각하지 못하여 모든 변수들이 안정적이지 않음을 보인다. 상수를 사용한 경우의 안정성 검정 결과에서는 상업·공공 부문에서의 전력 사용량 변수만이 1% 유의수준에서 안정적인 것으로 추정되었고 나머지 변수들은 귀무가설을 기각하지 못하여 불안정적인 것으로 추정되었다. 상수와 추세를 사용한 경우에는 국내총생산만이 5% 유의수준에서 안정적이고 나머지 변수는 불안정적이다.

변수들에 자연대수를 취한 변수들의 안정성 검정 결과를 나타낸 <표 6-3>을 보자. 상수와 추세가 없는 경우의 안정성 검정 결과에 의하면 모든 변수들이 귀무가설을 기각하지 못하여 모든 변수들이 안정적이지 않다. 상수를 사용한 경우의 안정성 검정 결과에서는 상업·공공 부문에서의 전력 사용량 변수가 10% 유의수준에서 안정성이 있는 것으로 추정되었고 나머지 변수들은 귀무가설을 기각하지 못하여 불안정적인 것으로 추정되었다. 상수와 추세를 사용한 경우에는 상업·공공 부문에서의 전력 사용량 변수와 가정부문의 전력 가격 변수가 각각 1% 유의수준에서 안정성이 있는 것으로 추정되었고 나머지 변수들은 귀무가설을 기각하지 못하여 불안정적인 것으로 추정되었다.

■ 표 6-2. 전력 사용량 예측방정식 변수의 ADF 단위근검정(수준변수)

상수와 추세 없는 경우					
구분	t-statistic	유의수준			P값 <sup>53)</sup> *
		1%	5%	10%	
COP	-0.896	-2.637	-1.951	-1.611	0.321
COQ	2.706	-2.637	-1.951	-1.611	0.998
REP	1.154	-2.635	-1.951	-1.611	0.933
REQ	4.821	-2.635	-1.951	-1.611	1.000
GDP	2.109	-2.639	-1.952	-1.611	0.990
상수를 사용한 경우					
구분	t-statistic	유의수준			P값*
		1%	5%	10%	
COP	-2.267	-3.646	-2.954	-2.616	0.188
COQ	-3.192	-3.639	-2.951	-2.614	0.029
REP	-2.350	-3.639	-2.951	-2.614	0.163
REQ	-1.713	-3.639	-2.951	-2.614	0.416
GDP	-1.793	-3.654	-2.957	-2.617	0.377
상수와 추세를 사용한 경우					
구분	t-statistic	유의수준			P값*
		1%	5%	10%	
COP	-2.023	-4.263	-3.553	-3.210	0.568
COQ	-2.034	-4.263	-3.553	-3.210	0.562
REP	-2.986	-4.253	-3.548	-3.207	0.151
REQ	-0.502	-4.253	-3.548	-3.207	0.979
GDP	-3.830	-4.263	-3.553	-3.210	0.027

\*MacKinnon (1996)one-sided p-values. (통계학, 정운찬 외, 1998 참고)

53) 각 검정통계량에 있어 주어진 P값(p-values)이 0.10보다 작으면, 10% 유의수준에서 변수에 단위근이 존재한다는 귀무가설은 기각된다. 즉, P값은 t-statistic이 귀무가설을 기각하지 않는 유의수준을 나타낸다고 볼 수 있다.

표 6-3. 전력 사용량 예측방정식 변수의 ADF 단위근검정(LOG 변수)

상수와 추세 없는 경우					
구분	t-statistic	유의수준			P값 <sup>54)</sup> *
		1%	5%	10%	
LOGCOP	-1.375	-2.631	-1.950	-1.611	0.154
LOGCOQ	3.477	-2.631	-1.950	-1.611	0.999
LOGREP	-1.015	-2.631	-1.950	-1.611	0.273
LOGREQ	4.423	-2.629	-1.950	-1.611	1.000
LOGGDP	0.918	-2.631	-1.950	-1.611	0.901
상수를 사용한 경우					
구분	t-statistic	유의수준			P값*
		1%	5%	10%	
LOGCOP	-1.067	-3.621	-2.943	-2.610	0.718
LOGCOQ	-2.824	-3.627	-2.946	-2.612	0.065
LOGREP	-0.704	-3.627	-2.946	-2.612	0.833
LOGREQ	-1.734	-3.621	-2.943	-2.610	0.407
LOGGDP	-1.836	-3.627	-2.946	-2.612	0.358
상수와 추세를 사용한 경우					
구분	t-statistic	유의수준			P값*
		1%	5%	10%	
LOGCOP	-1.557	-4.227	-3.537	-3.200	0.790
LOGCOQ	-4.409	-4.227	-3.537	-3.200	0.006
LOGREP	-6.530	-4.227	-3.537	-3.200	0.000
LOGREQ	-2.028	-4.227	-3.537	-3.200	0.567
LOGGDP	-2.242	-4.227	-3.537	-3.200	0.454

\*MacKinnon (1996)one-sided p-values. (통계학, 정운찬 외, 1998 참고)

54) 각 검정통계량에 있어 주어진 P값(p-values)이 0.10보다 작으면 변수에 단위근이 존재한다는 귀무가설은 기각된다. 즉 P값은 t-statistic이 귀무가설을 기각하지 않는 유의수준을 나타낸다고 볼 수 있다.

## 2) 공적분 검정 및 수요 탄력성 추정

개별 변수들의 안정성 검정 결과를 보면 시계열 변수들이 불안정성을 보이므로 시계열 변수간의 관계식이 안정적인 균형관계가 있는지 분석하기 위하여 공적분 검정을 한다. 부문별 전력 수요함수의 공적분 검정은 잔차항을 이용하는 방법(Residual Based Method)을 사용하여 분석하였으며, 공적분 검정과 탄력성 추정을 위한 방정식은 다음과 같다.

$$\log Q_t = \alpha_0 + \alpha_1 \log P_t + \alpha_2 \log Y_t + \alpha_3 \log D_t + \epsilon_t$$

가정부문 전력 수요함수의 공적분 검정 및 수요 탄력성을 추정한 결과를 나타낸 <표 6-4>에서 보면 잔차항 안정성 검정치의 t-statistic은 -4.393으로 1% 유의수준에서 유의한 것으로 나타났다. 따라서 가정부문 전력 수요함수는 공적분 관계가 있으며 이 수요함수의 추정 계수값을 보면 전력 가격의 추정 계수 값은 -0.355로 이는 전력 가격이 1% 상승하면 전력 수요량은 0.355% 감소하는 것을 의미한다. 그리고 실질GDP 계수 값은 1.328로 추정되었다. 두 변수 추정치는 모두 1% 유의수준에서 유의한 것으로 추정되었다.

■ 표 6-4. 가정부문 전력 수요함수 추정 결과

방법	변수	계수	P값
OLS	전력 가격	-0.355	0.0003
	실질 GDP	1.328	0.0000
	공적분검정(T-Statistic)	-4.393	0.0077
	$R^2$	0.9516	
	DW	1.007	

상업·공공부문 전력 수요함수의 공적분 검정 및 수요 탄력성을 추정한 결과를 나타낸 <표 6-5>에서 보면 잔차항 안정성 검정치의 t-statistic은 -5.120으로 1% 유의수준에서 유의한

것으로 나타났다. 따라서 상업·공공부문 전력 수요함수는 공적분 관계가 있으며 이 수요함수의 추정 계수값을 보면 전력 가격의 추정 계수 값은 -0.691로 가정부문에 비하여 가격탄력성이 약간 더 큰 것으로 추정되었다. 그리고 실질 GDP 계수값은 1.392로 추정되었으며 전력 가격 및 실질 GDP의 추정 계수값은 모두 1% 유의수준에서 유의한 것으로 추정되었다.

표 6-5. 상업·공공부문 전력 수요함수 추정 결과

방법	변수	계수	P값
OLS	전력 가격	-0.691	0.0000
	실질 GDP	1.392	0.0000
	공적분검정(T-Statistic)	-5.120	0.0023
	$R^2$	0.9615	
	DW	0.889	

#### 다. 부문별 전력 수요량 분석

##### 1) 전력 수요 예측 시나리오

미래의 전력 수요에 대한 추정 절차는 우선 예측을 위한 가격 및 실질 GDP 변수의 향후 변화에 대한 시나리오를 설정하고, 앞에서 추정된 전력 가격 및 실질 GDP 변수별 탄력성을 이용하여 부문별 수요량을 추정한다.

전력 수요량 계산식은 다음과 같다.

$$Q_t = \left( 1 + \left( E_p * \frac{P_t - P_{t-1}}{P_{t-1}} \right) + \left( E_y * \frac{Y_t - Y_{t-1}}{Y_{t-1}} \right) \right) * Q_{t-1}$$

$Q$  : 전력 수요량,  $E$  : 탄력성,  $P$  : 전력 가격,  $Y$  : 실질 GDP

시나리오 구성을 위한 설명변수의 추세 가정은 다음과 같다. 2015년까지 기획재정부의 GDP 성장률 전망치를 보면 2009년 2%, 2010년 4%, 2011년~2015년 동안 매년 5%로 전망하고 있다. 따라서 본 연구에서는 실질 GDP 성장률을 2가지로 가정하여 하나는 기획재정부의 GDP 성장률 전망치로 증가하는 것으로 가정하고, 다른 하나는 2010년 이후에도 성장률이 낮은 경우의 전력 소비 추세를 보기 위하여 매년 2%씩 성장하는 것으로 가정한다.

전력 가격에 대한 시나리오는 현재 가격이 전력 생산에 따른 외부비용을 반영하고 있지 못하므로 이를 반영하여 가격을 인상하는 것으로 가정한다. 현재 수송 등 다른 부문에서는 이를 반영하고 있으므로 앞으로 점진적으로 이를 반영하는 정책이 시행된다면 이러한 가정은 현실성이 있는 가정이 될 것이다. 전력 가격 상승률은 3가지로 가정한다. 첫째, 전력 가격 상승률을 2010년부터 2015년까지 매년 1%씩 인상하는 경우, 둘째 매년 2%씩 인상하는 경우, 셋째 매년 3%씩 인상하는 경우로 구분하여 시나리오를 설정한다.

#### 〈조건별 시나리오〉

- S1. 실질 GDP만 기획재정부 전망치로 상승
- S2. 실질 GDP가 S1과 같이 상승하고 전력 가격은 매년 1% 상승
- S3. 실질 GDP가 S1과 같이 상승하고 전력 가격은 매년 2% 상승
- S4. 실질 GDP가 S1과 같이 상승하고 전력 가격은 매년 3% 상승
- S5. 실질 GDP만 매년 2% 상승
- S6. 실질 GDP만 매년 2% 상승하고 전력 가격은 매년 1% 상승
- S7. 실질 GDP만 매년 2% 상승하고 전력 가격은 매년 2% 상승
- S8. 실질 GDP만 매년 2% 상승하고 전력 가격은 매년 3% 상승

#### 2) 시나리오별 전력 수요량

시나리오별 전력 수요량 추정결과를 보면 시나리오 1(S1)의 경우 상업·공공부문 전력수요량은 2009년 137,945,919.5Mwh에서 2015년 203,807,374.0Mwh로 급격히 증가하는 것으로 추정

되었다. 이는 실질 GDP가 크게 증가하는 반면에 전력 가격은 현재 수준으로 유지함에 따른 결과이다. 그러나 가격이 현재 수준으로 유지되더라도 실질 GDP 증가율이 매년 2% 증가하는 시나리오 5(S5)에서는 2015년 전력 수요량은 162,632,310.6Mwh로 전력 수요량 증가폭은 크게 감소한다.

시나리오 1에서 전력 가격이 상승하는 경우의 전력 수요량을 추정한 S2~S4결과를 보면 매년 전력 가격이 1%, 2%, 3% 상승하면 2015년 전력 수요량은 각각 194,700,267.8Mwh, 185,944,215.2Mwh, 177,527,866.4Mwh로 증가폭이 감소한다. 마찬가지로 시나리오 5에서 전력 가격이 상승하는 경우의 전력 수요량을 추정한 S6~S8 결과를 보면 매년 전력 가격이 1%, 2%, 3% 상승하면 2015년 전력 수요량은 각각 155,132,502.6Mwh, 147,931,115.9Mwh, 141,018,189.0Mwh로 증가 폭이 감소한다.

시나리오별 가정부문 전력 수요량 추정결과를 보면 시나리오 1(S1)의 경우 전력수요량은 2009년 57,721,883.8Mwh에서 2015년 83,844,535.2Mwh로 급격히 증가하는 것으로 추정되었다. 이는 상업·공공부문에서와 같이 실질 GDP가 크게 증가하는 반면에 가정부문 전력 가격은 현재 수준으로 유지한 결과이다. 그러나 가격이 현재 수준으로 유지되더라도 실질 GDP 증가율이 매년 2% 증가하는 시나리오 5(S5)에서는 2015년 전력 수요량이 67,557,012.3Mwh로 전력 수요량 증가폭이 급격히 줄어든다.

실질 GDP 증가에 더하여 가정부문 전력 가격이 상승하는 경우의 전력 수요량을 추정한 S2~S4 결과를 보면 매년 전력 가격이 1%, 2%, 3% 상승하면 2015년 전력 수요량은 각각 81,895,367.2 Mwh, 79,985,167.6Mwh, 78,113,284.9Mwh로 증가 폭이 시나리오 S1에 비하여 감소한다. 마찬가지로 시나리오 5와 비교하여 전력 가격이 상승하는 경우 전력 수요량을 추정한 S6~S8 결과를 보면 매년 전력 가격이 1%, 2%, 3% 상승하면 2015년 전력 수요량은 각각 65,937,925.2Mwh, 64,352,212.7Mwh, 62,799,299.5Mwh로 증가폭이 감소한다.

표 6-6. 시나리오별 부문별 전력 수요 예측량

(단위 : Mwh)

시나리오	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
연도	상업·공공부문							
2009	137,945,919	137,018,658	136,091,397	135,164,136	137,945,919	137,018,658	136,091,397	135,164,136
2010	145,620,750	143,695,250	141,782,562	139,882,687	141,783,334	139,883,629	137,996,736	136,122,656
2011	155,748,040	152,695,852	149,683,797.0	146,711,609	145,727,500	142,808,505	139,928,751	137,087,974
2012	166,579,638	162,260,222	158,025,350	153,873,911	149,781,386	145,794,538	141,887,815	138,060,137
2013	178,164,528	172,423,673	166,831,760	161,385,869	153,948,043	148,843,007	143,874,307	139,039,195
2014	190,555,096	183,223,730	176,128,932	169,264,553	158,230,610	151,955,217	145,888,611	140,025,196
2015	203,807,374	194,700,267	185,944,215	177,527,866	162,632,310	155,132,502	147,931,115	141,018,189
연도	가정부문							
2009	57,721,883	57,522,198	57,322,512	57,122,826	57,721,883	57,522,198	57,322,512	57,122,826
2010	60,789,157	60,374,578	59,961,418	59,549,676	59,255,520	58,846,247	58,438,392	58,031,956
2011	64,826,989	64,170,460	63,518,379	62,870,730	60,829,905	60,200,774	59,575,995	58,955,554
2012	69,133,028	68,204,998	67,286,342	66,376,997	62,446,120	61,586,479	60,735,743	59,893,852
2013	73,725,089	72,493,196	71,277,824	70,078,807	64,105,278	63,004,080	61,918,067	60,847,083
2014	78,622,171	77,051,002	75,506,084	73,987,065	65,808,518	64,454,312	63,123,408	61,815,485
2015	83,844,535	81,895,367	79,985,167	78,113,284	67,557,012	65,937,925	64,352,212	62,799,299

〈표 6-7〉에서는 2015년도 기준으로 전력 가격 상승에 따른 부문별 전력 수요 감축량을 정리하였다. 즉 가격이 인상되지 않아 현재 수준으로 유지되는 시나리오 1이나 5와 비교하여 가격을 인상하는 경우 2015년도 전력 수요량 증가폭의 차이를 나타낸다. 상업·공공부문에서 매년 전력 가격이 3%씩 인상(시나리오 4)되면 인상되지 않는 경우에 비하여 전력 수요 증가량은 26,279,507.6Mwh가 감소하는 것으로 추정되고, 시나리오 8의 경우에는 21,614,121.6Mwh를

줄일 수 있는 것으로 추정된다. 전력 수요량이 상대적으로 적은 가정부문은 시나리오 4의 경우 5,731,250.3Mwh, 시나리오 8의 경우 4,757,712.8Mwh을 줄일 수 있는 것으로 추정된다.

■ 표 6-7. 전력 가격 인상에 따른 2015년 부문별 전력 수요 감축량

(단위 : Mwh)

시나리오		상업·공공 부문	가정부문
		감축량	감축량
S1 대비감축량	S2	9,107,106.2	1,949,168.0
	S3	17,863,158.8	3,859,367.6
	S4	26,279,507.6	5,731,250.3
S5 대비감축량	S6	7,499,808.0	1,619,087.1
	S7	14,701,194.7	3,204,799.6
	S8	21,614,121.6	4,757,712.8

위와 같이 전력 가격 인상에 따른 전력 수요량 감축을 이산화탄소 배출 감축량으로 계산한 결과를 <표 6-8>에 정리하였다. 2015년 기준으로 상업·공공부문에서 가장 많은 이산화탄소 배출 감축량은 시나리오 4로 매년 전력 가격을 3%로 인상하는 경우 총 11,689,125.0tCO<sub>2</sub>를 감축할 수 있는 것으로 추정되었으며, 가정부문의 경우도 시나리오 4의 경우가 가장 많은 이산화탄소를 감축할 수 있어 총 2,549,260.1tCO<sub>2</sub>를 감축하는 것으로 추정된다. 따라서 매년 전력 가격을 3%씩 인상하게 되면 두 부문에서 감축할 수 있는 이산화탄소 감축량은 총 14,238,385.1tCO<sub>2</sub>로 추정된다. 그 다음으로 이산화탄소 감축량을 많이 줄일 수 있는 경우는 실질GDP 성장률이 매년 2%로 기획재정부에서 예측하는 수준보다 낮은 상태에서 전력 가격을 매년 3%씩 인상하는 시나리오 8로서 상업·공공 부문 및 가정부문 각각에서 추정되는 감축량은 각각 9,613,961.3tCO<sub>2</sub> 및 2,116,230.7tCO<sub>2</sub>로 총 11,730,191.9tCO<sub>2</sub>를 감축할 수 있다.

■ 표 6-8. 전력 가격 인상에 따른 2015년도 이산화탄소 배출 감축량

(단위:TCO<sub>2</sub>)

시나리오	상업·공공 부문	가정부문	총 감축량
	감축량	감축량	
S2	9,107,106.2	1,949,168.0	4,917,830.7
S3	17,863,158.8	3,859,367.6	9,662,179.8
S4	26,279,507.6	5,731,250.3	14,238,385.1
S6	7,499,808.0	1,619,087.1	4,056,084.6
S7	14,701,194.7	3,204,799.6	7,964,586.3
S8	21,614,121.6	4,757,712.8	11,730,191.9

#### 라. 시나리오별 이산화탄소 배출 감축량 추정

위와 같이 전력 가격 인상에 따른 전력 수요량 감축을 이산화탄소 배출 감축량으로 계산한 결과를 <표 6-9>에 정리하였다. 2015년 기준으로 상업·공공부문에서 가장 많은 이산화탄소 배출 감축량은 시나리오 4로 매년 전력 가격을 3%로 인상하는 경우 총 24,966,144.0TCO<sub>2</sub>를 감축할 수 있는 것으로 추정되었으며 가정부문의 경우도 시나리오 4의 경우가 가장 많은 이산화탄소를 감축할 수 있어 총 9,097,428.4TCO<sub>2</sub>를 감축하는 것으로 추정된다. 따라서 매년 전력 가격을 3%씩 인상하면 두 부문에서 감축할 수 있는 이산화탄소 감축량은 총 34,063,572.4tCO<sub>2</sub>로 추정된다. 그 다음으로 이산화탄소 감축량을 많이 줄일 수 있는 경우는 실질 GDP 성장률이 매년 2%로 기획재정부에서 예측하는 수준보다 낮은 상태에서 전력 가격을 매년 3%씩 인상하는 시나리오 8로서 상업·공공 부문 및 가정부문 각각에서 추정되는 감축량은 각각 18,305,428.3TCO<sub>2</sub> 및 6,642,062.4tCO<sub>2</sub>로 총 24,947,490.7tCO<sub>2</sub>를 감축할 수 있다.

■ 표 6-9. 전력 가격 인상에 따른 이산화탄소 배출 감축량

(단위 : TCO<sub>2</sub>)

시나리오	상업·공공 부문	가정부문	총 감축량
S2	8,903,222.9	3,211,163.5	12,114,386.4
S3	17,214,204.9	6,240,760.9	23,454,965.8
S4	24,966,144.0	9,097,428.4	34,063,572.4
S6	6,550,651.2	2,351,526.0	8,902,177.2
S7	12,643,466.4	4,563,213.5	17,206,689.9
S8	18,305,428.3	6,642,062.4	24,947,490.7

## 2. 건물부문의 온실가스 감축정책 추진방안

현대 사회에서 온실가스 발생을 일으키는 화석 에너지 사용은 인간 생활의 거의 모든 부문에 영향을 미치고 있다. 건물 분야에서도 조명, 난방, 냉방, 조리 등 여러 가지 필요에 의해 많은 에너지가 소비되고 있으며 석유, 석탄, 전기 등 다양한 연료가 사용되고 있다. 이와 같은 온실가스 배출은 경제적 요소 외에도 생활 습관, 문화, 기술 변화, 날씨 등 여러 요소의 영향을 받으므로 실제 현실세계에서 온실가스 저감 잠재량이란 매우 복잡하고 방대한 요소가 뒤얽혀 있다. 실질적으로 이와 같은 수많은 요소를 감안하여 연구하는 것은 자료의 수집, 분석의 효율성, 비용과 시간의 제약 등으로 인해 불가능하다. 따라서 실제에 있어서는 현실을 어느 정도는 단순화시켜 분석할 필요가 있고, 연구의 목적을 고려하여 적절한 부분에 중점을 두고 분석을 진행하는 것이 필요하다.

온실가스에 관한 이슈는 현재 각광 받고 있는 분야이며, 이 분야에 대한 연구 역시 늘고 있는 추세이다. 우리나라도 이미 온실가스 저감 잠재량에 대해 많은 기관에서 연구가 진행되고 있으므로 자료 수집과 분석 방법에서 특별한 우위가 없다면 이 분야에 대한 연구의 필요성은 상대적으로 적다고 하겠다. 반면 온실가스를 효율적으로 저감해야 하는가 하는 정책적인 이슈에 대해서는

현실적인 측면에서 연구의 가치가 높다. 따라서 본 연구에서는 실질적으로 온실가스를 저감하기 위한 정책에 중점을 두었다.

상기한 바와 같이 건물 분야의 온실가스 배출량은 상당한 수준이며, 향후 성공적인 온실가스 저감을 위해서는 현재까지 산업이나 수송부문보다 덜 주목되고 있었던 건물 분야 역시 정확한 현황을 파악하고 대책을 마련하는 것이 필요하다. 건물 분야에는 이미 적지 않은 정책이 도입되어 있으며, 선진국에서 시행되고 있는 정책들과 유사한 방법들이 대부분 우리나라에도 도입되어 있다. 그러나 자발적인 참여를 유도하는 정책의 경우 참여가 저조한 경우가 많으며, 규제적인 방법을 이용하는 비교적 엄격한 정책들은 행정 비용 등의 현실적인 이유로 모든 건물에 적용할 수 없어 상대적으로 소수인 공공건물에 대부분 집중되어 있는 실정이다.(〈표 II-2〉 참조) 따라서 행정적인 통제가 쉬운 공공건물뿐만 아니라 건물의 대다수를 차지하는 민간 분야의 효율적인 온실가스 저감을 위해서는 정책 당사자들의 경제적 유인 구조에 변화를 주는 시장 친화적인 정책을 통해 문제를 개선할 필요가 있다고 하겠다. 따라서 본 연구에서는 크게 전력 가격 정책과 그에 따른 온실가스 저감량 추정, ESCO사업 지원 방법 개선을 통한 에너지 절약과 온실가스 저감 방법을 제시하였으며, 그 외에도 건축물의 설계 기준과 효율 인증제나 기타 정책 개선 방향 또한 제안하였다.

## 가. 전력 가격 인상

### 1) 낮은 수준의 전력 실질 가격

어떤 물품의 소비에 있어 그것 가격은 소비자들의 의사 결정에 중요한 역할을 하며, 소비 행태에도 중요한 역할을 한다. 전력 역시 마찬가지로, 전력 가격 역시 전력 사용자들의 행태와 밀접한 연관이 있을 것이라 예상된다.

각 용도로 판매되는 전력의 판매 단가는 다음의 표와 같으며, 주택용이나 일반용 전력 가격의 경우 2008년 기준으로 대략 kw당 95원 정도이다. 한 가정의 1년 전기 사용량이 약 3,424Kwh인

점을 고려해 보면<sup>55)</sup> 연간 평균 전기 요금은 33만 원 정도에 불과하다. 만약 연간 소득이 2천5백만 원 정도라면, 이는 연간 소득의 1% 정도에 불과한 것이다.

항목별 전기 단가의 경우 농사용이 가장 낮았고, 산업용 연료 역시 타 용도와 비교하였을 때 상당히 낮은 편이다.

표 6-10. 전력 가격 인상에 따른 이산화탄소 배출 감축량

(단위 : 원/kw)

	주택용	일반용	교육용	산업용	농사용	가로등
1993	82.29	-	54.53	-	35.82	51.6
1994	85.95	86.92	77.6	46.14	34.59	51.93
1995	86.47	89	76	47.14	36.17	53.59
1996	88.95	90.32	75.68	48.37	37.11	54.6
1997	92.05	93.19	77.89	49.86	38.96	56.18
1998	96.6	104.16	86.51	55.01	44.31	63.02
1999	96.41	102.45	85.73	54.78	44.04	62.82
2000	94.72	106.04	90.16	58.3	43.04	65.92
2001	91.57	107.99	92.74	61.56	43.51	68.14
2002	87.01	102.66	89.26	59.02	42.37	64.98
2003	88	100.59	90.24	60.3	43.45	65.75
2004	90.94	96.85	89.05	60.23	41.95	65.33
2005	91.07	95.24	89	60.25	41.67	65.65
2006	93.7	97.91	77.48	61.92	42.96	68.61
2007	94.78	97.68	77.2	64.56	42.45	71.47
2008	97.58	95.3	78.58	66.24	42.38	72.5

자료 : 한국전력통계(2009.5), 한국전력

55) 2008 에너지총조사, 에너지경제연구원

다음 표에서 보듯이 전력 가격 상승률은 물가 상승률에 크게 못 미치는 수준이다. 즉, 명목 개념이 아닌 실질 가격 개념으로 볼 경우 전력 가격이 지속적으로 하락해 왔으며, 전력 소비량이 시간에 대해 불변이라면, 전기료가 소비자의 상품 바구니에서 차지하는 비중은 점차 줄어왔다고도 볼 수 있다. 2000~2002년에는 오히려 전기의 명목 가격조차 큰 폭으로 하락하기도 했다. 전기요금 상승이 차지하는 비중이 이렇게 낮다면 결국 절전 제품의 보급 효과는 떨어질 수밖에 없다. 에너지 효율이 높은 제품을 정부가 강제할 수 없어 당사자들의 자율적인 판단에 맡기는 경우 에너지 효율은 소비자들의 가전제품 선택에 있어 그 중요도가 뒤로 밀릴 수밖에 없다.

■ 표 6-11. 주택용 전력 가격 상승률/물가 상승률

(단위 : %)

	주택용 전력 가격 상승률	물가 상승률
1994	4.4%	6.3%
1995	0.6%	4.5%
1996	2.9%	4.9%
1997	3.5%	4.4%
1998	4.9%	7.5%
1999	-0.2%	0.8%
2000	-1.8%	2.3%
2001	-3.3%	4.1%
2002	-5.0%	2.8%
2003	1.1%	3.5%
2004	3.3%	3.6%
2005	0.1%	2.8%
2006	2.9%	2.2%
2007	1.2%	2.5%
2008	3.0%	4.7%

자료: 한국전력통계(2009.5), 한국전력, 소비자 물가 지수, 한국은행

## 2) 점진적인 전력 가격 인상

전력은 사람들의 후생과 밀접하게 관련된 편리한 에너지이기는 하나, 온실가스를 많이 유발하므로 이를 개선하기 위해서는 전력 사용량을 감소시킬 필요가 있으며, 지나치게 낮은 전력의 가격을 인상시킬 필요가 있다. 만약 전력의 가격을 상승시킨다고 하면 매년 점진적으로 올리는 방안이 현실적으로 더 타당할 것으로 보인다. 급격하게 가격을 상승시킨다면 전력 사용자들의 반발이 크고 단기간에 높아진 전력 가격에 적응하기 위해서는 비교적 큰 불편을 감수하여야 하기 때문이다.

전력의 경우 한국전력의 독점 체제이므로 정책적으로 가격을 올리기 용이한 면도 있다. 만약 국제 가격에 민감한 석유류나 천연가스 등의 연료라면, 국제 정세와 여러 정유사 간의 전략적 행동 등 예측하기 힘든 여러 변수들이 있기 때문에 가격 인상의 효과 역시 쉽게 단언하기 힘들다.

전력 가격 인상의 효과는 여러 방면을 통해 온실가스 저감에 기여할 수 있다. 우선 높아진 전력 가격은 일차적으로 상대가격 인상으로 인해 소비자들의 상품비구니 중에서 전력이 차지하는 비중을 낮출 뿐 아니라 타 전력저감 정책의 효율을 좋게 한다. 이후에 언급할 ESCO의 경우도 전력가격이 높아진다면 전력 절약으로 얻어지는 수익이 높아지므로 다른 조건이 같다면 ESCO의 시장도 확대되며, 효율적인 전기기기에 대한 수요도 점차 확대되고, 이로 인하여 장기적으로 절전 기술 투자 확대로 인한 추가적인 효과도 기대해 볼 수 있다. 또한 전기 사용자와 전기 요금을 지불하는 사람이 달라서 생기는 도덕적 해이 현상 역시 완화될 여지가 많다. 도덕적 해이란 어떤 행위에 대한 대가를 지불하는 사람과 실제로 어떤 행위를 하는 사람이 나뉘어 있을 때 발생할 수 있는 문제이다. 전자를 주인이라 하고, 후자를 대리인이라 하면 주인이 대리인의 행태를 일일이 관찰할 수 없을 때 도덕적 해이 현상이 발생할 수 있다. 전력 소모에서도 이러한 현상이 나타날 수 있으며, 특히 공공 기관이나 회사의 사무실 같은 경우 실제 컴퓨터나 전자기기, 조명을 사용하는 사람은 직원인 반면, 전기 요금은 법인이 낸다. 또한 사장 등의 관리자는 직원 등의 전기 사용 행태를 일일이 관리하기 어렵기 때문에 직원들은 사소한 편의를 위해 전기를 방만하게 사용할 유인이 존재한다.

전기 가격 역시 이러한 도덕적 해이 현상과 밀접한 연관성이 있다. 만약 전기 가격이 높아

압박이 크다면, 주인은 대리인의 전기 사용을 매우 열심히 감시할 것이기 때문이다. 반면 전기 가격이 낮다면 이러한 감시의 유인 또한 낮아져 도덕적 해이 현상이 심화될 것이다. 따라서 전기 사용자가 전기료를 내는 가정부문의 건물 외에도, 공공/상업 부문의 전기 사용 행태도 전력 가격과 밀접한 연관이 있다.

## 나. ESCO 지원 정책 개선 방안

### 1) ESCO의 개요

ESCO(에너지 절약 전문 기업)란 에너지 사용자를 대신하여 기술, 자금 등을 제공하고 투자시설에서 발생하는 에너지 절감액으로 투자비를 회수하는 사업을 영위하는 기업을 말한다. ESCO투자사업을 통해 에너지 사용자는 투자비 부담 없이 에너지 절약형 시설로 개체가 가능하다. 이는 70년대 말 미국에서 태동한 새로운 에너지절약 투자방식으로 현재 약 42여개 국가에 도입되어 있다. ESCO기업과 에너지 사용자 간의 투자 리스크 수용에 따라 성과배분계약과 성과보증계약으로 나눌 수 있으며, 우리나라는 대부분 성과배분 계약을 위주로 하며, 미국의 경우 성과보증계약이 중심이 되고 있다.

성과배분계약이란 ESCO 업체가 투자자원의 조달과 에너지절약의 사업성(절감액)까지 보장해야 하며 에너지절약시설 투자에 의한 절감액을 에너지사용자와 ESCO가 계약에 의해 배분하는 방식을 말한다. 절약시설투자에 따른 위험부담을 ESCO가 모두 부담하게 됨으로써 에너지 사용자 측에서 선호하는 방식이다. ESCO가 자금을 조달하기 때문에 자금조달액이 에너지사용자의 부채로 기록되지 않고 ESCO의 부채로 기록되어 에너지사용자 입장에서는 비용측면에서 초기부담이 없다.

성과보증계약이란 에너지사용자가 절약시설 투자재원을 조달하고 ESCO는 사업의 성과에 대해서만 책임을 지는 계약 형태를 말한다. 에너지 사용자는 은행이나 설비 리스 등을 통하여 소요 재원을 조달하고 ESCO는 절약 시설에서 발생하는 에너지절감액(성과)에 대해서 보장하게 되며 만약 합의한 최소한의 에너지절약이 이루어지지 않을 경우 차액을 에너지 사용자에게 보상함으로써 사업성과를 보장한다.

## 2) 정부 지원액 의존과 성과 배분 계약

국내에는 92년 4개 업체를 시작으로 1997년에서 2001년 사이에 등록이 급증하여 08년 12월 기준으로 142개 업체가 활동 중이다. 지원액은 1998년을 기점으로 상승하여 왔는데, 이는 ESCO 업체 숫자 가 크게 증가하게 된 시점과 일치하며, 두 데이터 집합 간 상관 계수는 0.92로써 매우 밀접한 양의 상관관계가 있음을 알 수 있다. 이는 정부 지원액이 ESCO사업 성장에 중요한 역할을 했음을 추정 할 수 있다. 역으로 판단한다면 ESCO업체의 성장은 정부 지원에 지나치게 의존했다 고도 볼 수 있다. 만약 국내 ESCO사업이 매우 전망이 좋았다고 하면 정부가 지원해주는 자금 이상으로 성장을 빨리 했을 것이며 두 데이터 집합이 이렇게 밀접한 관계를 보이지 않았을 것이다.

이는 정부가 낮은 이율로 투자금을 지원해 주지 않는다면 자체적으로는 수익이 크지 않다는 이유로서 이는 낮은 에너지 가격과 연관이 있기도 하다.

ESCO 사업의 특성상 에너지 절감으로 인한 투자 회수 기간이 길다는 문제가 있어 용자금에 의존해야 하는 경우가 많다. 이때 성과배분계약 체계라서 ESCO업체가 자금 조달의 책임을 진다면, 통상적으로 한 업체가 여러 건의 사업을 하게 되므로 많은 용자금이 필요하여 부채 비율이 증가하게 된다. 부채 비율이 높으면 자금 상황에 대한 리스크가 커지게 되므로 민간자금 차입에 어려움을 겪으며, 좀 더 높은 이자율을 지불하여야 민간에서 자금을 차입할 수 있다. 만약 이러한 체계 하에서 정부 지원금을 늘려 ESCO업체의 부채 비율을 올려놓는다면 오히려 정부의 자금이 민간 자금의 유입을 방해하는 요소가 될 수 있다.

## 3) 성과 보증 계약 체계로의 이행과 건물주에 대한 정보 제공 확대

성과 보증 계약이란 건물의 경우 건물주가 자금 차입에 대한 책임을 지게 되며, ESCO업체와 달리 자신이 에너지를 절감하려는 빌딩에 대해서만 에너지 절감에 대한 수익 회수에 대한 책임을 지게 된다. 이는 성과 배분 체계 하에서 ESCO가 한꺼번에 떠안았던 리스크를 여러 건물주가 나누어 가지게 되는 형태이므로 성과 보증 계약의 경우 용자금 환수에 대한 리스크의 집중이 상대적으로 적어져 건물주가 추가로 지불해야 하는 이자율의 크기가 성과배분계약에서의 ESCO 업체처럼 커지지 않을 것이어서 민간 자금의 유입이 상대적으로 수월할 것이다.

■ 표 6-12. 연간 정부 지원액과 ESCO업체수

(단위 : 억원, 개)

	정부 지원액	업체 수
1993	3	5
1994	3	7
1995	3	6
1996	24	9
1997	25	16
1998	296	28
1999	648	55
2000	856	103
2001	751	159
2002	1,400	163
2003	1,003	163
2004	831	159
2005	1,829	166
2006	1,333	158
2007	1,357	156
2008	1,115	142
상관계수	0.92	

자료 : ESCO협회

그러나 건물주는 통상적으로 전문가인 ESCO업체보다 에너지 절감 기술이나 관련 정보에 대해 무지할 개연성이 높다. 따라서 모든 계약이 성과 보증의 형태로 이루어지는 경우 건물주는 ESCO사업에 대한 의식이 부족하여 에너지 절감을 시도하지 않거나 적절한 업체와 계약하지 못할 가능성이 있다. 따라서 정보의 제공이 중요하다 하겠다.

현재도 국내에는 일부 성과 보증 계약 형태가 도입되어 있으나 아직 그 숫자는 소수에 불과하다. 따라서 정부는 ESCO를 위한 저리 융자금 제공 시 건물주에게 제공되는 형태의 자금 비율을 점진적으로 확대해 나가는 동시에 건물주들에게 ESCO사업에 대한 강력한 홍보와 적절한 업체에 대한 정보를 제공하는 것을 병행해야 한다.

## 다. 기타 온실가스 저감 정책 제안

### 1) 건축물 에너지 절약 설계 기준 개선

제 2장에서 서술한 바와 같이 건축물 에너지 절약 설계 기준에는 ‘건축물 에너지 절약 설계기준’, ‘건물에너지 효율등급인증제도’, ‘친환경건축물인증제도’ 등이 도입되어 운영되고 있다.

건축물 에너지 절약 설계 기준은 통상적으로 특정 규모 이상 되는 비교적 큰 건물에 적용되며 기술적 표준을 준수해야 한다. 문제점으로는 설계 기준의 대상이 되는 건물의 대상이 제한적이라는 점, 제시된 설계 기준이 외국에 비해 비교적 경직적인 편이라는 점이다. 개선 방안으로는 이 제도가 적용되는 건물의 종류를 확대하고, 설계 기준과 더불어 에너지 절감 기준을 설정하여 다른 기술을 적용하여 에너지 절감 기준을 만족시킬 수 있다면 설계 기준에 융통성을 부여해주는 방안이 있을 수 있다.

건물에너지 효율등급인증제도, 친환경건축물인증제도 등은 일정 건물을 대상으로 효율등급 인증을 받게 하는 제도로서 융자금 혜택이 존재한다. 문제점으로서, 참여율 자체가 저조하다는 점을 들 수 있다. 이는 효율등급 인증의 인센티브가 활발한 참여를 유도할 정도로 충분히 높지 않다는 것을 의미한다. 개선 방안으로서, 유사한 성격의 두 제도를 통합하고 예산을 증액하여 활발한 참여를 유도하거나, 재원이 충분치 않다면 ‘건축물 에너지 절약 설계 기준’과 마찬가지로 일부의 건물을 대상으로 강제 조항을 삽입하는 규제적인 정책으로 나아가는 방법을 고려해 볼 수 있다.

### 2) 전력 효율 등급제 개선/대기 전력 감축 유도

대부분의 주요 가전 기기에는 법적으로 전력 효율 등급을 부착하게 되어 있다. 이는 소비자에게 전기 효율에 대한 정보를 제공하여 자발적으로 에너지 효율이 좋은 기기를 구매하도록 유인하려는 의도가 있다.

그러나 현재처럼 전력 가격이 낮은 상황에서는 소비자의 선택에서 전력 효율 등급이 디자인이나 기기의 가격 등의 요인보다 상대적으로 중요하지 않게 취급될 것이다.

표 6-13. 가전기기 대기전력 소모량

	평균대기전력(W)	비고
오디오	9.1	기기들의 평균 대기전력 3.66W 대기전력 발생기기 15.6대/가구 가구당 평균대기전력소모 57W이상(연간 3~4만원)
VTR	5.5	
TV	4.3	
에어컨	2.8	
전자레인지	2.8	
PC본체	3.2	
모니터	2.6	
외장형 모뎀	6.4	
PC스피커	1.6	
프린터	3	
전화기	2.2	
가스보일러	4.9	

자료: 대기전력저감 프로그램, 한국정보통신기술협회

대기 전력이란 어떤 전기 사용 기기가 본래의 목적을 하지 않고 있을 때 사용되는 전력을 말한다. 전기를 절약하여 온실가스 배출을 줄이는 것은 통상적으로 사용자의 불편을 야기하지만 대기 전력을 절약하는 경우는 이러한 반대 급부에서 비교적 자유로운 편이다. 또한 언급한 바와 같이 통상적으로 사무용 건물 등은 전력 가격을 지불하는 사람과 사용하는 사람이 달라 도덕적 해이 현상이 나타날 가능성이 있다. 그러나 현실 세계에서 회사의 관리자가 직원의 전기 사용 행태를 관찰하는 것에는 현실적인 어려움이 있다. 이 전기 사용이 과연 업무에 필요한 것인지 아닌지 실제로 구분해내기가 쉽지 않기 때문이다. 그러나 대기 전력의 경우 실제 사용하고 있는지 아닌지 비교적 구분이 쉽다. 대기 전력이란 그 장치를 사용하지 않는 상태에서 발생하는 전력이기 때문이다. 만약 그 장치의 사용이 빈번하지 않다면, 대기 전력은 바로 낭비되고 있는 전력일 것이다.

가전기기의 대기전력 소모량은 대략 다음과 같다. 오디오가 9.1정도로 비교적 높고 전화기나 PC스피커 등의 대기 전력이 낮다. 전력 가격이 낮아 한 가구당 평균적으로 연간 3~4만 원

정도의 전력을 소모하고 있는 것으로 나타났다. 연간 한 가정당 전기료가 약 30만 원 정도인 것을 볼 때 대기전력은 대략적으로 전기사용량 중 10%정도의 수준인 것으로 나타난다.

이러한 대기 전력 저감을 위해서 이미 사용되지 않는 기기의 전원 플러그 등을 분리하라는 캠페인 등이나 대기전력 효율 등급 등을 부착하고 있다. 그러나 대기 전력 효율 등급제 등은 소비자들의 자발적인 선택을 유도하는 정책이므로 현재의 낮은 전력 가격 체제 하에서는 제품 구매 시 소비자의 고려 요소에서 낮은 순위를 차지할 개연성이 있다. 따라서 전력 효율 등급제와 아울러 제작사 측에 최저 효율 기준 등을 설정하는 것이 더 큰 효과를 볼 수 있을 것이다.





## 제7장

국내 수송 및 건물부문 법제도  
측면의 개선방안

본 연구의 주요 내용으로서 수송과 건물부문의 감축정책추진방안을 법제도적 측면에서 검토하고 이를 반영하기 위한 입법적 대응은 감축정책의 시행을 보다 체계적으로 추진할 수 있도록 한다는 점에서 의미가 크다고 할 수 있다. 다만 여기서의 검토 및 입법적 대안은 차후 입법과정에서 제시된 감축정책과 관련된 다양한 정책수단 상호간의 법익형량 및 경제적·규범적 분석 등 보다 세밀한 검토를 필요로 한다.

## 1. 수송 부문 법제도 개선방안

### 가. 연비/CO<sub>2</sub> 배출허용기준 시행 방안

자동차의 연비와 CO<sub>2</sub> 배출량과의 관계는 동일차종의 경우 그 연료의 종류와 상관없이 1차함수적인 반비례관계이며, 0.98의 높은 상관관계를 가진다.<sup>56)</sup> 따라서 연비기준을 강화하거나 CO<sub>2</sub> 배출허용기준을 강화하는 것은 선택적으로 또는 병행하여 시행할 수 있다(다만 병행하여 시행하는 경우 중복규제의 문제가 제기될 수 있다). 이와 같은 연비/CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 보상 또는 불이익을 부과하는 제도의 도입은 에너지 효율성 제고 및 CO<sub>2</sub> 발생을 저감할 수 있는 유용한 수단으로 평가된다. 이것을 시행하기 위한 법제도적 장치로서는 최소한의 규제기준을 설정하여 법적으로 강제하고 이와 더불어 보다 높은 수준의 목표치를 협약을 통하여 설정하여 자율적으로 추구하도록 하는 정책이 병행될 필요가 있다.

우리정부가 국내 완성자동차 생산기업에 대해 표준연비규제를 적용하기 시작한 것은 지난 2006년이다. 여기서 연비라 함은 “에너지소비효율”을 의미하며 이것은 자동차에서 사용하는 단위 연료에 대한 주행거리(km/ℓ)로 표시한다. 직접적 관련법규로서 자동차의 연비향상을 위해 목표 주행거리를 공고하고 있는 에너지이용합리화법이 있다. 즉 에너지이용합리화법 제15조, 제16조

56) 김용태 외, 주행모드에서 사용연료에 따른 자동차의 CO<sub>2</sub> 배출특성과 연료소비율의 상관관계 비교 분석, 에너지공학, 제17권 제4호, 2008, pp.227-232.

및 제17조의 규정에 의한 에너지소비효율측정·표시, 평균에너지소비효율 및 소비효율에 따른 등급표시 등에 관한 사항중 자동차에 관한 부분은 지식경제부 고시로서 “자동차의에너지소비효율 및등급표시에관한규정”에 의하여 규율되고 있다. 이 규정에 의하면 현재 1000대 이상을 생산·판매하는 국내 자동차 기업에 한해 2011년까지 표준연비를 배기량 1600cc 이하 차량 12.4km/ℓ, 배기량 1600cc 초과 9.6km/ℓ로 제한하고 있으며, 2012년엔 1600cc 이하 14.5km, 1600cc 초과 11.2km/ℓ로 강화된다(동 고시 제8조 제1항 및 별표3). 자동차 제조업자는 지식경제부장관이 지정하는 시험기관(이하 “효율관리시험기관”이라 한다)에서 해당 자동차의 에너지 사용량을 측정 받아 에너지소비효율등급 또는 에너지소비효율을 해당 자동차에 표시하여야 한다(에너지이용합리화법 제15조 제2항). 지식경제부장관은 고시한 기준에 미달하는 경우에는 일정한 기간을 정하여 평균에너지소비효율의 개선을 명할 수 있으며, 개선명령을 이행하지 아니하는 자에 대하여는 특정의 벌칙이 적용되지 않고, 다만 그 내용을 공표할 수 있도록 하고 있다(동법 제17조 제2항, 제3항).

문제는 향후 어느 수준으로 연비규제를 강화할 것인지와 관련하여 기준연비의 점진적 강화가 필요하기는 하지만 그 구체적 수치의 제시가 필요하고 그 적정성에 관한 경제적·기술적 분석이 이루어져야 한다. 이와 같은 기준은 저감축목표치 설정에 따른 부문별 감축량할당이 이루어져 수송부문에서 감축할당량 달성을 위한 연비규제수단을 통한 감축잠재량을 예측하고 이를 토대로 우리의 기술수준 및 외국의 연비규제정도 등을 종합적으로 고려하여 점진적인 연비규제와 관련된 로드맵이 입법안으로 제시될 필요가 있다. 이와 관련하여 2009년 7월에 정부(녹색성장위원회)는 2012년부터 2015년까지 단계적으로 자동차 연비기준을 17km/ℓ로 끌어올리기로 확정해서 발표한 바 있다. 즉 2008년도의 11.6km/ℓ를 기준연비로 정하고, 2012년에는 최종목표 기준의 30%(13.2km/ℓ), 2013년에는 60%(14.8km/ℓ), 2014년 80%(15.9km/ℓ), 2015년 100%(17km/ℓ)로 신차에 대한 평균연비 기준을 단계적으로 강화할 예정이다(〈표 5-13〉 참조). 다만 예측가능성과 법적 신뢰성을 보장하기 위하여 이를 에너지이용합리화법에 근거한 지경부 고시 별표3에 그 내용을 명시할 필요가 있다. 이와 같이 연비기준을 강화하게 되면 2015년에

에너지 수요량은 휘발유 381,081kl, 경유 378,261kl, LPG 153,516kl 만큼의 감소가 예상되며, 이산화탄소 배출량은 휘발유의 경우 811,702 tCO<sub>2</sub>, 경유는 983,478 tCO<sub>2</sub>, LPG는 256,371 tCO<sub>2</sub>가 감소하여 총 2,051,551 tCO<sub>2</sub>의 감소가 예상된다.

CO<sub>2</sub> 배출허용기준제도는 현재 시행되고 있지 않지만 환경부에서 자발적 협약을 통하여 그 도입을 준비중이며, 녹색성장위원회가 제시한 2015년부터 우리나라 자동차의 CO<sub>2</sub> 배출허용기준은 km당 140g 이하이다. 즉 2008년도의 km당 140g을 기준 배출한도로 잡고, 2012년에는 최종목표 기준의 30%(173.7g/km), 2013년에는 60%(159.2g/km), 2014년 80%(149.6g/km), 2015년 100%(140g/km)로 신차에 대한 CO<sub>2</sub> 배출허용기준을 단계적으로 강화할 예정이다(<표 5-18> 참조). 현행 대기환경보전법 제46조에는 자동차 제작자는 그 배출가스가 허용기준에 맞도록 제작하도록 규정하고, 배출허용기준에 미달하는 경우에는 시정명령제도를 규정하고 있다(동법 제51조 제4항, 제6항). 동법 시행령 제46조에는 규제대상인 배출가스의 종류를 규정하고 있는데 휘발유, 알코올 또는 가스를 사용하는 자동차의 배출가스(가. 일산화탄소, 나. 탄화수소, 다. 질소산화물, 라. 알데히드)와 경유를 사용하는 자동차의 가스(가. 일산화탄소, 나. 탄화수소, 다. 질소산화물, 라. 매연, 마. 입자상물질)로 구분하여 규정하고 있다. 그리고 동법 시행규칙 제62조 제1항에 근거한 배출허용기준을 별표17에서 자세히 규정하고 있다. 그렇지만 CO<sub>2</sub>는 배출가스로서 규제되어 있지 않는데, 이것을 규제대상에 포함시키기 위해서는 동 시행령 제46조에서 CO<sub>2</sub>를 자동차배출가스에 포함시키고, 동시행규칙 별표17에서 위의 단계적 허용기준을 명시하여야 함은 물론이다. 이와 같은 단계별 허용기준의 강화에 따라 2015년도의 연료별 CO<sub>2</sub> 배출 감소량은 에 따르면, 2015년에는 CO<sub>2</sub> 배출허용기준 강화로 인해 휘발유의 경우 669,385 tCO<sub>2</sub>, 경유는 664,432 tCO<sub>2</sub>, LPG는 269,657 tCO<sub>2</sub>가 감소하여 총 1,603,474 tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소 배출량 감소가 예상된다(<표 5-19>참조).

연비강화기준이나 CO<sub>2</sub> 배출기준을 달성하기 위하여 자동차 제작자에게는 그 기술개발 또는 제작에 필요한 재정적·기술적 지원을 할 수 있어야 하며, 환경부장관은 환경개선특별회계에서 기술개발이나 제작에 필요한 비용의 일부를 지원할 수 있는데 이것은 현행 대기환경보전법 제47조에서 이미 규정하고 있다.

또한 세제지원과 관련하여 교통·에너지·환경세는 1994년부터 시행되어 왔으나 목적세로 운영되어 재정 운영의 경직성을 초래하고 유류에 대한 과세체계를 복잡하게 하는 등의 문제점이 있으므로 교통·에너지·환경세를 폐지하고 개별소비세에 통합될 예정이다(원래 2010. 1. 1부터 시행될 예정이었지만 2012.12.31까지 3년간 교통에너지환경세법의 유효기간을 연장한 바 있다). 이와 같은 개별소비세법 제1조 제3호에 의하면 현행 승용자동차에 대하여는 배기량을 기준으로 배기량이 2천cc를 초과하는 경우에는 그 물품가격의 100분의 13(현행 100분의 10)을, 배기량이 2천cc 이하의 것은 1천분의 65(현행 100분의 5)의 세율을 적용하고 있다. 그리고 동법 제1조의2 에는 잠정세율을 규정하고 있는데 기술개발을 선도하거나 환경친화적인 물품으로서 대통령령이 정하는 물품에 대하여는 일정기간으로 구분하여 위의 기본세율의 10%, 40%, 70%의 세율을 각각 적용하도록 하고 있다. 여기서 대통령령으로 정하는 물품에 연비기준과 CO<sub>2</sub> 배출저감에 탁월한 기술을 개발·적용한 제작차를 포함시켜 그 구매를 촉진하도록 할 필요가 있다.

#### 나. 탄소세 도입 방안

탄소세 도입은 탄소배출권거래제, 각종 배출 및 효율기준 강화 등 비세제 요소와 조세체계의 전반적인 개편과 병행하여 이루어져야 하며, 특히 산업계에 미치는 영향 등을 고려하여 신중히 접근할 필요가 있다. 다만 연료별 이산화탄소 배출비용을 수송부문의 탄소세 도입안으로 고려한다면 휘발유는 85원/ℓ, 경유 104원/ℓ, LPG 67원/ℓ의 세율로 나타난다(〈표 5-20〉 참조). 이와 같은 탄소세 도입에 따라 수송용 연료별 에너지 수요량 감소에 따라 CO<sub>2</sub> 배출량 감소가 예상된다. 즉 2015년에는 탄소세 도입으로 인해 휘발유의 경우 569,355 tCO<sub>2</sub>, 경유는 1,264,906 tCO<sub>2</sub>, LPG는 118,089 tCO<sub>2</sub>가 감소하여 총 1,952,350 tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소 배출량 감소가 예상된다.

관련법제로서 특별소비세법이 도입된 1977년에 휘발유는 물품가격의 100분의 160, 경유는 물품가격의 100분의 10으로 특별소비세가 부과되어, 1983년에는 휘발유 100분의 100, 경유 100분의 10으로 휘발유의 세율을 인하한 바 있으며(석유류의 세율구조를 합리적으로 조정목적),

1994년에 휘발유와 경유가 각각 100분의 150, 100분의 20으로 인상(소득수준과 소비행태의 변화에 따라 조정), 1996년부터 리터당 345원과 48원으로 조정하였고(휘발유와 경유에 과세되는 교통세가 종량제로 전환됨에 따라 특별소비세도 종량제로 전환), 1999년 691원, 160원으로 각각 인상, 2001년 630원, 460원(에너지 소비절약과 환경오염 축소를 위하여 경유의 특별소비세 인상), 2005년 630원, 454원(경유승용차 급증에 따른 대기오염의 악화를 방지하기 위하여 경유에 대한 특별소비세율은 2005년 7월부터 2007년 7월까지 3년간 단계적으로 인상)으로 현행까지 유지되어 왔다(다만 2008.1.1부터 특별소비세법이 폐지되고, 개별소비세법으로 대체되어 있음). 이와 같은 소비세의 변화추이를 살펴볼 때 기후변화에 대응한 탄소저감의 필요성을 반영하고 있지 못하다. 따라서 탄소세를 도입한다면 이와 같은 개별소비세와 별도로 탄소세를 부가하는 방안과 개별소비세에 탄소세율을 더하여 개별소비세로 통합하는 방안이 고려될 수 있다. 다만 수송부문에 한정하여 탄소세를 부과하는 것은 다른 부문과의 형평성 측면에서 문제가 있으므로, 탄소세를 도입한다면 과세부문 등 과세대상 및 과세기준, 그리고 요율 등에 관한 전반적인 검토가 필요하다고 본다.

#### 다. 바이오연료 보급 확대 지원방안

바이오연료의 보급은 이산화탄소 배출량을 감소시키므로 수송부문에 있어서 기후변화협약에 대응할 수 있는 중요한 정책수단이며, 바이오디젤 중장기 보급계획에 따르면 BD5(경유)의 경우 혼합비율 목표는 매년 0.5%씩 높여 2012년까지 3.0%로 설정하여 추진하고 중장기적으로 5.0%를 지향하며 2020년에는 7%로 늘릴 예정이다. 한편 바이오에탄올은 기본적으로 3%의 보급량을 지향하고 있다. 따라서 앞서 밝힌 바와 같이 2015년 기준으로 바이오디젤 5%, 바이오에탄올 3%의 보급을 가정하면, 바이오디젤 5% 보급은 경유 수요량을 1,395,376kl 감소시키며 바이오에탄올 3% 보급은 휘발유 수요량을 311,078kl 감소시키는 결과를 가져온다(〈표 5-24〉 참조). 이와 같은 휘발유 등 기존 연료에 대한 대체효과로 인하여 2015년에는 휘발유의 경우 659,485 tCO<sub>2</sub>, 경유는 3,614,023 tCO<sub>2</sub>, LPG는 118,089 tCO<sub>2</sub>가 감소하여 총 4,273,508 tCO<sub>2</sub>의 이산화탄소 배출량 감소가 예상된다.

현행 바이오에너지 등 재생에너지산업의 활성화를 통하여 에너지원을 다양화하고, 에너지의 안정적인 공급, 에너지 구조의 환경친화적 전환 및 온실가스 배출의 저감을 위하여 “신에너지 및 재생에너지 개발·이용·보급에 관한 법률”이 마련되어 있다. 이 법에 의하면 바이오에너지의 기준은 생물유기체를 변환시켜 얻어지는 기체·액체 또는 고체의 연료이거나 이와 같은 연료를 연소 또는 변환하여 얻어지는 에너지를 말하며, 그 범위는 1. 생물유기체를 변환시킨 바이오가스·바이오에탄올·바이오액화유 및 합성가스, 2 쓰레기매립장의 유기성폐기물을 변환시킨 매립지가스 3. 동·식물의 유지를 변환시킨 바이오디젤, 4. 생물유기체를 변환시킨 펠릿·우드칩·펠릿 및 목탄 등의 고체연료로 한정하고 있다(동법 제2조 제1호 나목, 동법시행령 제2조 및 별표1 참조). 이 법에 의하면 지식경제부장관은 신·재생에너지의 기술개발 및 이용·보급을 촉진하기 위한 기본계획을 수립하도록 하고 이에 기초하여 신·재생에너지원별 기술개발 및 이용·보급의 목표를 정하고 그 지원방안 등을 설정하도록 하고 있다(동법 제5조 제1항 및 제2항).

수송용 바이오연료 확대를 위한 2009년도 년차별 실행계획에 의하면(동법 제6조 제1항 근거) 현재까지 수송용 바이오연료 혼합사용 의무제(RFS : Renewable Fuel Standard) 도입을 위한 연구 및 시범추진단계로서 바이오연료의 단계적 도입방안, 국내 조달 가능성 및 공급에 따른 가격 상승, 보급 유통 인프라 구축 등에 관한 집중검토 단계에 와있다.

바이오디젤(BD)은 대두유, 폐식용유, 유채유 등으로 만든 식물성 경유로서 현 시점에서 수송용 화석연료를 대체할 수 있는 가장 현실적인 대안으로 평가되고 있다. 한국은 바이오디젤 시범보급사업('02.5~'05.12) 결과를 바탕으로 '06.7월부터 바이오디젤의 상용화를 개시하였는데 이것은 자발적 협약으로 2년간 연간 최소 9만kl(자동차용 경유의 0.5%)의 바이오디젤이 보급되었다. BD5(바이오디젤이 5% 이하로 기존경유와 혼합한 경유)는 모든 정유사와 주유소를 통하여 일반 경유차량에 보급 중이며, BD20(바이오디젤 20%와 기존경유 80%를 혼합한 경유대체연료)은 시범사업기간 중 품질상 문제가 발생하여 자기책임하에 관리 가능한 일부 사업장(지자체 등)의 버스, 트럭 등에 제한 보급되고 있다. 바이오디젤 혼합비율은 프랑스 2.0%, 독일 3.6%이며 미국 일부 주(미네소타, 워싱턴)와 브라질은 2.0% 의무화 형태로 보급되고 있으며, '05년 EU의 경우 전체

에너지시장에서 바이오디젤의 점유율은 0.8%이고 경유시장에서의 점유율은 1.6% 수준이다.

향후 바이오 연료와 관련하여 법제도적 방향과 관련하여 여러 가지 방안이 고려될 수 있다. 먼저 외국의 사례와 같이 바이오연료에 관한 혼합율을 의무화하는 방안으로서 이것은 친환경 수송연료의 구성을 어떻게 할 것인지를 선결과제로 하여 그 구체적 비율을 검토할 필요가 있다. 또한 바이오디젤 원료의 수입 의존도가 높아 수급 및 가격이 불안정하여 국산화율이 제고되기 위해서 국내 폐식용유 수거율 제고를 위한 제도적 개선 방안도 고려할 필요성이 있다. 그리고 바이오디젤 등 바이오 연료의 가격경쟁력 확보를 위하여 교통·에너지·환경세의 면세기간을 연장할 필요가 있으며 그 근거 마련을 위한 조세특례제한법을 개선할 필요가 있다. 또한 바이오연료의 품질기준을 강화할 필요성이 있으며 이와 관련된 고시(품질기준고시, 이용보급고시)의 개선 작업도 요구된다.

## 라. 환친차 보급 확대 지원방안

화석 연료의 고갈 우려, 환경규제의 강화 등에 따라 세계 자동차시장의 패러다임이 기존 내연기관 자동차로부터 고효율·친환경·지능형자동차 기술로 급속히 전환될 것으로 전망된다. 미국에너지부의 전망에 따르면 2030년에는 미래형자동차의 북미시장 점유율이 60%에 이를 것으로 예상된다. 미래형자동차의 개발, 보급은 최첨단 기술개발에 따른 불확실성 및 대규모 투자 소요 등으로 민간부문의 독자적 노력에 한계가 있으므로, 특히 개발 초기 단계의 과도한 투자수요 발생, 개발 차량의 경제적 단가실현 곤란 등으로 정부차원의 체계적, 제도적 지원 기반 구축이 필요하다고 본다. 하이브리드·연료전지 등 환경친화적 자동차의 개발과 보급촉진 등을 위해 미국, 일본 등 자동차 선진국도 정부차원의 종합적 대책을 추진하고 있으며 미국에너지법(Energy Policy Act), 일본의 클린에너지자동차 도입 촉진책 등이 대표적이다. 한국도 2004년부터 차세대성장동력사업의 일환으로 미래형자동차개발사업을 추진하고 있으며, 그 법적 근거로서 2006년부터는 『환경친화적자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률』에 따라 “환경친화적자동차 개발 및보급 촉진을 위한 5개년 기본계획” 및 보급시행계획 등을 수립하여 추진 중에

있다(동법 제3조·5조, 시행령 제9조·14조), 이 계획에 의거 2015년 기준으로 하이브리드차 10만대(이중 Plug-in 하이브리드차는 20%인 2만대)와 연료전지차 1만대의 보급을 목표로 제시하고 있다. 하이브리드차의 경우에는 보급대수의 확대로 국내시장의 자생력 확보가 필요한데 이에 따른 적정 보급대수에 관한 경제적 분석은 지속적으로 이루어질 필요가 있다. 또한 일반 소비자에게도 보급을 확대할 필요가 있는데 이를 위하여 일정기간 동안 구매단계 및 운행단계에서 세제혜택(특소세, 취득등록세) 위주로 정부에서 지원할 필요가 있다. 현행 “환경친화적자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률”에 의하면 국가 또는 지방자치단체는 환경친화적자동차의 구매자 및 소유자, 그리고 운행에 대하여 필요한 지원을 할 수 있으며(동법 제10조·제11조), 특히 구매자에 대한 그 지원의 기준, 방법, 절차 및 규모 등에 관한 구체적인 사항은 관계중앙행정기관의 장과 시·도지사의 의견을 들어 환경부장관이 정하여 고시하도록 하고 있는 등(동법 시행령 제18조) 제도적 기반은 마련되어 있다고 본다. 또한 연료전지차 및 전기자동차의 경우에는 시범보급 확대로 초기시장의 형성이 필요한데, 이를 위해서는 전국적으로 충전시스템 구축 등 관련법규 정비 및 규제완화 정책이 필요하다. 현행 “환경친화적자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률”에 의하면 국가 또는 지방자치단체는 연료전지자동차의 연료인 수소를 생산·공급 또는 판매하거나 수소연료공급시설을 설치하고자 하는 자에 대하여 필요한 자금 등의 지원을 할 수 있도록 하고 있다(동법 시행령 제 17조 제2항·3항). 또한 관계중앙행정기관의 장 또는 시·도지사는 환경친화적자동차의 구매자에 대하여 환경친화적자동차와 환경친화적자동차가 아닌 일반 자동차의 판매 가격간 차액의 전부 또는 일부를 보조하거나 환경친화적자동차 구매자금의 융자 또는 융자알선 등 지원규정을 두고 있다(동법 제18조 제1항 제1·2호). 이와 같이 환친차 보급 활성화를 위한 정부 지원정책의 제도개선 방향으로 점차 환친차 보급목표를 상향조정할 필요가 있으며 이에 따라 지원 대상 및 규모 등도 확대할 필요가 있다고 본다. 또한 중장기적으로는 현행 배기량 기준으로 되어 있는 자동차 세제를 CO<sub>2</sub> 배출량과 연계하여 전반적인 세제개선을 위한 검토가 필요하다.

### 마. 유가보조금제도 폐지 방안

현행 유가보조금제도는 정부의 2차 에너지세제 개편에 의거하여 세율인상분 만큼 지급하고 있는데 앞서의 연구에서 제시한 바 향후 화물 및 여객운송업계의 운임 및 운송료 현실화를 통한 유가보조금의 단가 인하는 화물업계의 지나친 경쟁과 공급과잉, 정부의 공공요금 인상 억제 등에 기인한 바 있다. 현재 국토해양부의 “유가보조금 지급지침”에 따르면 버스·택시·화물자동차 및 연안화물선에 한정하여 유가보조금의 지급기준 및 절차와 방법 등을 규정하고 있다(동지침 제1조, 제2조). 여기서의 유가보조금은 “유류세연동보조금”(국토해양부 대중교통과-612, '09.6.26)을 의미하는데 이것은 에너지 세제개편(2001년)에 따른 유류세 인상분의 일부 또는 전부를 보조해 주는 것을 말한다(동지침 제3조). 유가보조금도 지방세법 제196조의 16 규정에 따라 징수된 주행세를 재원으로 하는 경우에는 지방자치단체의 장이 지급업무를 관장하고, 『에너지 및 자원사업 특별회계』의 세입을 재원으로 하는 경우에는 지방해양항만청장이 지급업무를 관장하도록 되어 있다(동지침 제4조 제1항·제2항). 경유 및 액화석유가스(LPG : 부탄)에 대한 유류세 연동보조금에 대한 지급단가(동지침 제8조) 및 보조금산정(유가보조금(원/ℓ) = 주유·충전량(ℓ) × 지급단가(원/ℓ), 동지침 제9조 제1항), 지급기준 및 한도량은 다음의 표와 같다(동지침 제10조).

구 분	1톤 이하	3톤 이하	5톤 이하	8톤 이하	10톤 이하	12톤 이하	12톤 초과
월 지급기준량(ℓ)	455	676	1,031	1,480	1,800	2,039	2,872
월 지급한도량(ℓ)	683	1,014	1,547	2,220	2,700	3,059	4,308

동지침 제15조에 의하면 유가보조금 지급 기간은 2009. 7. 1.부터 2010. 6. 30.까지 한시적으로 지급하도록 되어 있다(동지침 제15조).

앞서의 연구추정 결과 2009년 6월 이후 가격 변화율이 동일하고 현행 유가보조금이 2015년까지 지속된다고 가정할 경우 유가보조금이 100% 제거될 때 경유는 -508,363kl, 수송용 LPG는

-107,468kl 만큼 연간 에너지 수요량이 감소되는 것으로 추정되었고, 이에 따라 경유는 연간 1,316,660 tCO<sub>2</sub>, LPG는 연간 179,471 tCO<sub>2</sub>이 감소하여 총 1,496,131 tCO<sub>2</sub>가 감소되는 것으로 예상되었다.

이와 같은 유가보조금제도는 제3차 G20 정상회의('09.9.24-25)에서 향후 5년내 G20 국가의 화석연료·전력 보조금 철폐 추진 및 2020년까지 非 G20 국가의 화석연료·전력 보조금 철폐 등에 관한 논의 등을 고려할 때 여러 가지 정책목표간에 상충관계가 존재할 수 있으므로 정책적 우선순위에 따라 신중하게 접근하여 한꺼번에 일괄적으로 실시하기 보다는 점진적이고 단계적으로 추진할 필요가 있다. 즉 국토해양부의 “유가보조금 지급지침” 제15조에 따라 지급기간의 경과로 보조금제도는 폐지될 수 있지만 이에 따른 물가관리나 특정계층 보호에 대한 정책적 실효성, 그리고 오염원별 환경규제 강도 등을 종합적으로 감안하여 지급기간의 연장연부와 함께 지급단가, 지급기준 및 한도 등을 점차 축소하는 방안도 함께 고려할 필요가 있다.

## 2. 건물부문 법제도 개선방안

건물부문과 관련된 법제도개선을 위한 검토항목은 연구결과 정책적 방안으로 제시된 여러 가지 대안 가운데 전력가격인상과 ESCO사업 지원 방법 개선과 관련된 항목을 중심으로 검토하고, 더 나아가 법제도적으로 에너지 효율을 향상시키기 위한 건물부문에 대한 통합적 관리를 위한 법제도 설계방안을 검토하고자 한다.

### 가. 전력 가격 인상

전력의 판매 단가는 앞서의 연구결과에서 따르면 한 가정의 1년 전기 사용량이 약 3,424Kwh이고 주택용이나 일반용 전력 가격의 경우 2008년 기준으로 대략 kw당 95원 정도이므로 연간 평균 전기 요금은 33만 원 정도에 불과하다. 전기요금의 저하로 인한 에너지 효율성 제고를 위한 다양한 정책수단이 약화될 수 밖에 없다는 점에서 전력요금의 인상은 에너지정책의 효율성 제고라

는 측면에서 바람직하지만 그 반면에 국민의 후생과 밀접한 연관관계가 있다는 점에서 적정한도 내에서 점진적인 인상이 필요하다. 앞서의 연구결과에 의하면 시나리오4(S4)에 따르면, 실질 GDP가 기획재정부 전망치(2009년 2%, 2010년 4%, 2011년~2015년간은 매년 5%)로 상승하고 전력 가격은 매년 3% 인상하는 경우 2015년 기준으로 전력소비량이 감소하고 이에 따라 이산화탄소 배출도 감축된다. 이를 부문별로 보면 상업·공공부문에서는 총 24,966,144.0 tCO<sub>2</sub>를, 가정부문 총 9,097,428.4 tCO<sub>2</sub>를 감축하는 것으로 추정된다. 따라서 매년 전력 가격을 3%씩 인상하게 되면 두 부문에서 감축할 수 있는 이산화탄소 감축량은 총 34,063,572 tCO<sub>2</sub>로 추정된다.

2001년 4월 발전부문을 한전에서 분리하고, 최종소비자에게 전력을 공급하는 송배전 및 판매부문은 중전과 같이 한전이 담당하는데, 발전 및 판매회사들은 전력시장을 통해서만 전력거래가 가능하도록 하는 전력거래소 제도를 도입한 바 있다(전기사업법 제31조 제1항). 현행법상 전력요금은 전력시장에서 이루어지며, 전력거래가격은 시간대별로 전력의 수요와 공급에 따라 결정되며(전기사업법 제33조), 여기서 “전력시장”이라 함은 전력거래를 위하여 설립된 한국전력거래소가 개설하는 시장을 말한다(동법 제2조 11호). 전기사업자는 전기의 보편적 공급에 기여할 의무가 있는데, “보편적 공급”이라 함은 전기사용자가 언제 어디서나 적정한 요금으로 전기를 사용할 수 있도록 전기를 공급하는 것을 말하며(동법 제2조 13호, 제6조 제1항), 특히 발전사업자 및 전기판매사업자는 정당한 사유 없이 전기의 공급을 거부하여서는 아니 된다(동법 제14조). 전기판매사업자는 전기요금 기타 공급조건에 관한 약관(이하 “기본공급약관”이라 한다)을 작성하여 지식경제부장관의 인가를 받도록 되어 있으며(동법 제16조 제1항), 그 약관에 대한 인가기준에는 전기요금이 적정원가에 적정이윤을 합한 것일 것을 포함하고 있다(동법 시행령 제7조 제1항 1호). 즉 한전은 전기요금 개정(안)의 이사회 의결 후 지식경제부에 인가신청을 의뢰하면 지식경제부장관이 전기요금 및 소비자보호 전문위원회의 심의를 거쳐 기획재정부장관과 협의하고 전기위원회의 심의를 거친 후 인가하도록 하고 있다(전기사업법 제16조, 물가안정에 관한 법률 제4조 제1항).

### 나. ESCO 지원 정책 개선 방안

앞에서의 연구에 의하면 ESCO기업과 에너지 사용자 간의 투자 리스크 수용에 따라 성과배분 계약과 성과보증계약으로 나눌 수 있으며, 우리나라는 대부분 성과배분 계약을 위주로 시행되고 있는데 이를 활성화하기 위해서는 미국과 같이 성과보증계약방식으로 전환될 필요가 있다. 현행법상 정부는 에너지절약전문기업이 제3자로부터 위탁을 받아 에너지절약사업과 이를 통한 온실가스의 배출을 줄이는 사업을 하는 데에 필요한 지원을 할 수 있도록 규정하고 있으며(에너지이용합리화법 제25조 제1항) 그 방식의 구체적 내용은 당사자의 합의에 따라 시행되고 있다. 즉 ESCO의 사업제안서를 토대로 에너지사용자와 ESCO간 에너지절약 투자계약을 체결총투자규모 및 절약 시설투자로 발생하는 에너지절감액의 회수 방법에 합의하고, 에너지절감량 산출방식의 기본조건 및 사후관리 등의 세부조건 등을 당사자의 자유로운 의사에 따라 계약의 내용으로 규정하는데 그치고 있다.

현재의 성과배분방식을 성과보증방식으로 전환하여야 한다는 점은 사실상의 그 방식의 효율성에 기인하는 것이지 이를 제도로서 강제할 사안은 아니다. 즉 원칙적으로 어느 방식의 계약이든 당사자인 에너지사용자와 ESCO 기업간의 합의에 의하여 당해 에너지 시설의 성격이나 규모 등에 따라 개별적으로 정해질 사항이라고 보며, 다만 이를 보다 활성화하기 위하여 특정의 방식으로 유도할 수 있는 인센티브제의 도입에 관한 부분은 좀 더 검토할 필요가 있다고 본다.

### 다. 녹색건축물의 통합입법화 방안

현재 녹색건축물의 등급제에 관한 사항은 「저탄소 녹색성장기본법」(안) 제55조(녹색건축물의 확대)에서 “에너지이용 효율 및 신·재생에너지의 사용비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물”로 정의하고 있는 바, 현행 법률에서 별도의 개념화된 용어를 찾기 어렵다. 따라서 먼저 이를 제도화하기 위하여는 현행 법률에 이 개념의 정의를 받을 수 있는 법률에 반영하여 제도화하여야 할 것이다. 이를 기초로 관련 법률에 녹색건축물의 지원에 관한 사항을 규정하는 방법으로 법제화하여야 할 것이다. 이는 같은 법률(안)의 규정이 구체적인 실행계획과 집행계획을 담고

있는 것이 아니라 국가의 노력과 지원에 관한 선언적 규정만을 담고 있기 때문이다.

주택 등 건축물의 에너지 효율성을 표시하는 등급제의 시행과 관련하여 현행 법률에 도입하는 경우에는 건축기본법상의 건축정책기본계획(같은 법 제11조)에 반영하여 도입할 수 있을 것이다. 예를 들면, 같은 조 3의2 신설 “녹색건축물 등급제에 관한 사항”을 신설하고 이 계획에 그 등급에 관한 구체적인 내용을 신설함으로써 해결할 수 있을 것이다. 이와 더불어 건축법 제2조제1항제4호의 ‘건축설비<sup>57)</sup>’의 개념에 녹색건축물 설비를 포함하도록 하여 구체적인 시행령에 담는 방안과 별도의 ‘녹색건축물’의 개념을 정의하는 방안을 고려해 볼 수 있다. 또한, 주택법 제2조에 “녹색주택”의 개념을 신설하여 이와 관련한 규정을 두는 방안을 고려해 볼 수 있을 것이다. 어느 경우이던 현행법의 테두리 안에서 그 기준과 내용을 별도로 규정하고 관련 특례규정을 마련하는 것이 필요하며, 이에 따른 지원방안을 법제화 방안으로 해결할 수 있을 것이다.

현행법상 녹색건축물과 관련된 규정은 「에너지이용 합리화법」 제36조의2(냉난방온도제한건물의 지정 등)<sup>58)</sup>에 관한 규정과 「친환경건축물의 인증에 관한 규칙」이 있다. 하지만 「에너지이용 합리화법」상의 규정은 에너지사용과 관련된 것만을 규정하는 것으로 건축물의 건축에 따른 기자재와 건축기법 등에 관한 사항과 주택 자체가 가지는 온실가스 관련 규정 등은 포함하지 않고 건물의 에너지 효율에 관한 사항만을 포함하고 있다. 이러한 점에서 이 법률은 현행 건축물의 유지를

57) “건축설비”란 건축물에 설치하는 전기·전화 설비, 초고속 정보통신 설비, 지능형 홈네트워크 설비, 가스·급수·배수(配水)·배수(排水)·환기·난방·소화(消火)·배연(排煙) 및 오물처리의 설비, 골뚝, 승강기, 피뢰침, 국기 게양대, 공동시청 안테나, 유선방송 수신시설, 우편함, 저수조(貯水槽), 그 밖에 국토해양부령으로 정하는 설비를 말한다.

58) ① 지식경제부장관은 에너지의 절약 및 합리적인 이용을 위하여 필요하다고 인정하면 냉난방온도의 제한온도 및 제한기간을 정하여 다음 각 호의 건물 중에서 냉난방온도를 제한하는 건물을 지정할 수 있다.

1. 제8조제1항 각 호에 해당하는 자가 업무용으로 사용하는 건물
2. 에너지다소비사업자의 에너지사용시설 중 에너지사용량이 대통령령으로 정하는 기준량 이상인 건물

② 지식경제부장관은 제1항에 따라 냉난방온도의 제한온도 및 제한기간을 정하여 냉난방온도를 제한하는 건물을 지정한 때에는 다음 각 호의 구분에 따라 통지하고 이를 고시하여야 한다.

1. 제1항제1호의 건물: 관리기관(관리기관이 따로 없는 경우에는 그 기관의 장을 말한다. 이하 같다)에 통지
2. 제1항제2호의 건물: 에너지다소비사업자에게 통지

③ 제1항 및 제2항에 따라 냉난방온도를 제한하는 건물로 지정된 건물(이하 “냉난방온도제한건물”이라 한다)의 관리기관 또는 에너지다소비사업자는 해당 건물의 냉난방온도를 제한온도에 적합하도록 유지·관리하여야 한다.

④ 지식경제부장관은 냉난방온도제한건물의 관리기관 또는 에너지다소비사업자가 해당 건물의 냉난방온도를 제한온도에 적합하게 유지·관리하는지 여부를 점검하거나 실태를 파악할 수 있다.

⑤ 제1항에 따른 냉난방온도의 제한온도를 정하는 기준 및 냉난방온도제한건물의 지정기준, 제4항에 따른 점검 방법 등에 필요한 사항은 지식경제부령으로 정한다.

전제로 냉난방온도조절 등 에너지소비를 최소화하고자함을 그 입법적 목적으로 한다는 점에서 녹색건축물의 신·증축과 개축을 전제로 하는 녹색건축물의 개념과 차이가 있다. 『친환경건축물의 인증에 관한 규칙』상의 인증제도는 녹색건축물인증제도에 원용할 수 있을 것으로 보인다. 이 규칙은 건축법 제65조제5항에 따라 제정된 것으로 주로 인정기관의 기정에 관한 사항만을 규정하고 있어 인정등급에 관한 구체적인 기준과 내용에 관하여는 건축법 제66조의2에서 규정하는 “에너지효율등급인정에 관한 규정”을 준용할 필요가 있다. 이와 관련하여 국토해양부장관과 지식경제부장관은 공동고시를 통하여 “건축물 에너지효율등급 인증기준<sup>59)</sup>”을 고시하도록 하고 있다.

앞에서도 살펴보았듯이 자동차와 운송에 관한 사항은 기본법은 물론 개별법에 있어서 온실가스 배출규제와 저탄소·녹색성장에 대한 입법적 기초는 매우 정교하게 확립되어 있다. 따라서 개별규정과 관련된 법률상충과 충돌에 대한 정비방안의 연구가 필요할 것이며, 새로운 기술이나 친환경관련 사항을 규율하고자 할 경우에는 별도의 법률을 통하여 규율할 수 있을 것이다. 이와 관련하여 자동차와 운송관련 사항은 『환경친화적 자동차의 개발 및 보급촉진에 관한 법률』, 『전기·전자제품 및 자동차의 자원순환에 관한 법률』 등을 통하여 생산과 폐기에 관한 사항 모두를 별도의 법률로 규율하고 있음을 알 수 있다. 따라서 별도의 통합법안을 작성하는 것은 법률의 이중적 규제로 인식될 수 있으며, 만약에 총괄적인 규율이 필요한 경우에는 제정안이 제출된 『저탄소·녹색성장기본법』에 반영하도록 하는 것이 법률의 체계성을 유지하는데 보다 적절한 것으로 판단된다.

하지만, ‘녹색건축물’ 또는 생활기반과 관련한 녹색성장에 관한 사항은 현재 그 논의가 개별 법률에 산재하여 이루어짐으로써 효율적인 규율을 저해하는 경우일 것이며, 기본법상에 있어서는 물론 관련법에 있어서는 그 개념이나 규율의 정도가 상대적으로 미약하다는 점에서 전체적이고 종합적인 계획과 이 계획을 집행하기 위한 제도적 장치를 마련하는 것이 시급한 과제라고 할 것이다. 이에 본 연구에서는 생활기반과 관련한 녹색건축물과 관련된 사안의 입법화방안을 중점적으로 살펴보려고 한다.

59) 고시내용 : 1. 인증 기준 및 절차, 2. 효율등급 평가기준, 3. 인증서 및 인증마크의 활용, 4. 수수료, 5. 인증 등급 등

### 1) 입법방식과 입법체계에 관한 문제

앞에서 살펴보았듯이 현재 논의되고 있는 ‘녹색건축물’에 관한 사항은 개별적으로 기후변화 관련 입법에 반영되어 있고, 현재 제정이 논의되고 있는 「저탄소·녹색성장기본법」(안)에서 그 내용을 최초로 규율하고 있는 사안이다. 따라서 이 법이 시행될 경우 ‘녹색건축물에 관한 사항을 규율하는 입법적 보완이 필요한 사항이다. 이 안에 대한 입법방식은 기본법체계에 따라 기본법의 종합계획과 기본계획에 반영하고, 구체적인 집행사항은 시행령과 시행규칙에 관련사항을 두고 직접 규율하는 방안, 건축과 주택, 에너지 관련법 등에 개별적으로 관련 법률에 반영하는 방안, 제정법을 만들어 규율하는 방안이 있다.

첫 번째안은 기본법체계의 일관성을 유지할 수 있다는 규범체계상의 잇점은 있지만, 부처 중심의 집행기능을 가지는 우리나라의 행정집행의 체계상 집행의 효율성을 담보할 수 없고, 부처간의 이견을 조율할 수 있는 방안이 부족한 점이 단점이 될 것이다. 이와 반대로 두 번째안은 개별법률의 집행체계에 따라 집행의 효율성은 담보할 수 있으나, 종합적이고 체계적인 규율을 할 수 없다는 단점이 있다. 단일법에 관한 세 번째안은 법률체계의 단점을 보완하고 집행의 효율성을 담보할 수는 있으나, 특정부처의 의견에 따른 부처이기주의를 극복하여야 한다는 점과 기본법체계가 유명무실할 수 있다는 단점이 있다.

따라서 기본법체계를 유지하면서 집행의 효율성을 담보할 수 있는 방안으로 기본법의 종합계획과 체계를 연동할 수 있는 장치를 마련하고, 이에 따라 집행체계를 확립하는 것이 필요할 것으로 생각된다. 이는 녹색관련 법령과 집행의 전반적인 문제와 연계된 부분이지만, 특히 개별 법령으로 분화되어야 하는 국토·교통·물(수자원)·건축·농림수산·관광·문화 등에 관한 사항에 대하여 고려되어야 할 사항이다. 이에 녹색건축물에 관한 사항은 기본법체계에 관련규정을 보완하고 이에 따라 개별법을 제정하는 방안을 검토하고자 한다.

### 2) 제명과 목적

‘녹색건축물’에 관한 사항을 전반적으로 규율하게 되는 제정법은 기본법에서 규율하고자하는 녹색건축에 관한 등급제, 에너지 소비량과 온실가스배출량 삭감목표, 건축 전과정에 있어서의

대책 및 기준의 마련, 에너지 진단과 절약사업의 추진, 지능형계량기의 부착·관리, 녹색건축물 이용·관리상황 점검체계, 정부의 의무사항과 지원사항 등을 포괄적으로 담을 수 있는 실효성 있는 집행법으로서 제명과 목적을 정립하여야 할 것이다.

이에 따라 제명은 「저탄소·녹색성장을 위한 녹색건축물 건축 및 이용·관리에 관한 법률」로 하는 것이 적절할 것으로 판단된다. 또한, 이 법의 목적은 단순히 녹색건축물의 건축에 한정된 것이 아니라 기존주택의 개·보수를 통한 에너지 효율화의 문제와 이후의 이용과 관리에 관한 사항은 물론 국가기관과 공공기관의 녹색건축에 대한 지원과 적극적인 참여를 유도하고자 하는 것임을 목적이 분명히 밝히는 것이 필요할 것으로 판단된다. 또한, 기본법에 따르면, ‘녹색건축물’이란 에너지이용 효율 및 신·재생에너지의 사용비율이 높고 온실가스 배출을 최소화하는 건축물(제55조제1항)로 정의하고 있다. 이러한 개념을 포괄할 수 있는 제명과 법률의 목적을 정의할 필요가 있음은 물론이다.

### 3) 집행체계와 방법

‘녹색건축물’의 건축과 이용·관리에 관한 사항은 먼저 이를 관리할 관리주체를 선정하는 것이 필요하다. 먼저 건축과 관련된 국토해양부, 경제와 관련된 지식경제부, 환경과 관련된 환경부는 물론 지방자치단체의 자율적 참여가 보장되어야 한다는 점에서 집행체계를 단일화하기에 많은 어려움이 있다. 먼저, 주관 집행부서는 기본법의 체계에 맞추어 위원회로 하고, 관련 분야별 집행연계의 방안을 고려해 볼 수 있을 것이다. 이 경우 집행체계의 이원화와 다원화의 문제로 집행의 효율성과 책임의 문제가 발생한다는 점에서 많은 고민이 필요한 부분이다.

이와 더불어 집행의 방법으로 종합계획체계를 마련하는 것이 필요하다. 녹색건축물에 관한 사항은 아직 그 기준이나 미래적 전망이 불투명하다는 점에서 그 종합계획을 통하여 중장기 비전과 미래적 전망을 제시하고 이를 기초로 참여자의 활동과 이용·관리를 보완하는 방안이 필요할 것이다. 계획의 수립과 관련하여서는 집행주체와 연계된 사안이 될 것이며, 기본법에서 수립하는 “저탄소 녹색성장 국가전략”, “에너지기본계획”, “기후변화대응 기본계획” 등과 연계된 종합계획의 수립이 필요할 것으로 판단된다. 이 종합계획의 심의를 위한 별도의 위원회를 설치할 것인지,

녹색성장위원회로 일원화할 것인지에 대하여는 보다 구체적인 검토가 필요할 것으로 판단된다.

종합계획의 주요 내용으로는 ㉠녹색건축물을 통한 에너지 소비량과 온실가스배출량 삭감목표, ㉡녹색건축물 건축 전과정에 있어서 에너지저감 및 저탄소 대책 및 기준의 마련, ㉢녹색건축물 이용·관리상황 점검실태, ㉣녹색건축물 등급의 기준과 내용 등에 관한 사항을 포함하여야 할 것이다. 그 밖에 실질적이고 구체적인 녹색건축물의 건축과 이용·관리에 관한 사항을 포함하여 수립하여야 할 것이다.

#### 4) 녹색건축물 등급제

건축물의 등급에 관한 사항은 구체적으로 그 기준과 내용을 정하는 별도의 정책적 노력과 통계조사 등이 필요하며, 이러한 사항의 조사와 분석이 또다른 하나의 전문분야를 형성할 수 있을 것이므로 이 법률의 시행과 더불어 등급제 시행과 관련한 제반 사항을 법률에 담고 이를 지원할 수 있는 방안을 함께 모색하여야 할 것이다. 또한, 무분별한 등급제의 시행으로 예산이나 인력의 낭비가 발생하지 않도록 그 기준의 정립을 위한 충분한 인력과 시간을 확보하여 특정지역이나 계층에 유리한 등급제의 시행에 따른 사회적·국가적 위화감을 조성하여서는 아니 될 것으로 판단된다.

현재 「친환경건축물의 인증에 관한 규칙」은 친환경 건축물 인증과 인증기관의 지정 등에 관한 사항을 규율하고 있는 바, 이를 녹색건축물 등급제와 연계하여 이 법에서 근거규정을 두고 이를 활용하는 방안과 그 규칙의 내용을 제정법의 시행령 또는 시행규칙에 반영하는 방안 등을 고려해 볼 수 있을 것이다.

#### 5) 중장기 감축목표의 설정

‘녹색건축물’에 관한 사항은 단순히 건축물을 저탄소 생화기반에 기초하여 건축하는 것이 목적이 아니라 국가전체의 온실가스 배출저감활동의 일환으로 연계되어 있다는 점에서 중장기 온실가스 저감목표와 연계된 계획의 적절성과 효율성을 담보할 수 있도록 있도록 하여야 할 것이다. 이러한 점에서 전체와 연계된 종합계획의 수립과 그 집행체계의 마련이 절실한 이유이기도 하다.

특히, 분야별 중장기 감축목표를 수립하여 이를 적용하는 것은 전체로서의 감축목표를 완성하는 중요한 기초 자료가 될 수 있다는 점에서 '녹색건축물'을 통하여 얼마의 감축목표를 달성할 것인가를 법안에 명시하는 것도 의미있는 작업일 것으로 생각된다. 현재 기본법에서는 중장기 온실가스 감축목표 및 단계별 목표와 에너지 절약목표 및 에너지 이용효율 목표를 명시적으로 수치화하지 않고, 기후변화대응 기본계획단계에서 국내여건 및 각국의 동향 등을 고려하여 설정하도록 규정하고 있는 바, 개별 법률에서는 보다 구체적인 감축목표를 설정하는 것이 추후 기본계획수립에 있어서 중요한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

## 6) 정책강제여부

저탄소·녹색성장을 통한 온실가스 감축계획의 달성을 위하여 정책적으로 결정되고 법률에 따라 그 입법적 근거를 마련함에 있어서 그 정책수용의 강제성 여부가 문제된다. 이 점은 일반적인 정책법률이 국가의 임의적 의무규정을 통하여 정책적 수단을 활용한다는 점에서 그 실효성에 많은 의문이 제기되는 것이 사실이다. 이러한 점에서 온실가스 감축을 위한 정책은 단순한 집행의 계획이 아니라 의무이며, 강제적이라는 점에서 강제규정으로 규정할 필요성이 있다<sup>60)</sup>고 주장하는 견해가 있다.

현재 저탄소 생활기반구축을 위하여 각종 정책이 시행되고 있거나 시행될 예정이다. 주택과 관련하여 대표적인 것은 지능형 전력망, LED, 사무실 녹색화 등의 실천과제와 그린 홈 및 그린스쿨 시범사업<sup>61)</sup>의 시행필요성이 제기되고 있으며, 그린홈·그린빌딩에 대한 금융·세제지원과 에너지 소비총량제 도입, 에너지 절감제품사용의무화, 에너지 절약설계기준이 반영된 공공시설의 확대 등이 요구되고 있다. 이를 위하여 구속력 있는 국가감축목표를 설정하고, 에너지 최저효율 및 건축에너지설계기준 등은 법적 의무화하고, 기업과의 자발적 협약이나 수요관리측면은 경제적

60) 한상운, 저탄소녹색성장의 구현과 생활기반구축을 위한 관련법제의 대응, 법제연구 통권 제36호, 216면 이하 참조.

61) 개별 주택내 태양열 온수기, 히트펌프, 이중창 설치 및 빌딩단열, 주택철거시 발생하는 건축폐자재 재활용제고 등 에너지 절약형 주택·오피스 건설기술개발이 필요하다(한상운, 전개논문, 217면)

유인수단을 접목시키고, 사업자의 에너지 사용량 법정보고 등의 구체적 행정규제가 수반되어야 할 것이다<sup>62)</sup>.

하지만 이러한 주장은 일면적으로 온실가스의 감축목표달성이라는 정책적 목표를 달성하는데 의미 있는 수단으로 작용할 수 있지만, 법규준수의 측면과 기업과 민간의 참여라는 점을 고려할 경우에는 매우 신중하게 접근하여야 할 것이다. 왜냐하면, 규범적 강제력이 오히려 정책에 대한 부정적 입장으로 나타남으로써 참여를 배제함으로써 본래의 정책목표인 감축목표를 원천적으로 달성할 수 없게 만들 수도 있다는 측면에서 신중하여야 할 것으로 판단된다. 이 보다는 참여자에 대한 지원책 마련을 위한 예산확보와 지속적인 관리와 실태과약을 위한 인력의 확보가 선행되어야 할 것이다. 많은 경우에서 경험하였듯이 정책적 집행의 목표를 달성하고자 무리한 행정력의 동원과 성과중심의 행정력의 집행행위는 오히려 정책집행의 예상과는 반대의 결과로 나타남으로써 그 동안의 노력이 물거품이 되고 문제점만을 노정하는 경우를 수없이 보고 있기 때문이다. 특히, 정책적 방향은 신속하고 효율적으로 변경하고 조정할 수 있지만, 입법적 문제는 이를 조정하고 변경하는데 오랜 논의와 시간이 필요하다는 점에서 강제력의 도입이 필요한 부분과 임의적인 부분을 보다 명확히 하여 정책적인 실효성은 물론 정책목표를 달성하기 위한 제도적 장치가 잘 어울려 질 수 있도록 하여야 할 것이다.

## 7) 각종 건축 및 주택 기준과 인허가 기준의 제정

녹색건축물의 건축과 이용·관리에 관한 사항은 1차적으로 기존 주택의 등급제 시행과 더불어 신·증축, 개축하는 건축물이나 주택에 대한 별도의 건축과 주택기준을 마련하는 것이 필요하며, 이를 위한 별도의 인허가 등의 행정관련 행위의 정비가 필요하다. 이를 위하여 기존의 건축법과 주택법의 적용을 배제하고 새로운 기준을 정립할 수 있는 법률적 근거를 마련하여, 이후 시행령과 시행규칙을 통하여 별도의 기준과 인허가 절차를 확립하는 것이 필요할 것으로 판단된다. 이

62) 김창섭, 온실가스 감축목표 설정과 녹색일자리 창출방안, 기후변화센터 창립1주년 기념 기후변화 대토론회 기초 발제문, 09.2.23., 45면.

경우 건축과 주택에 대한 기준은 기존의 법령보다 엄격하게 하되 인허가 절차 등 행정절차는 과감하게 간소화하는 노력이 필요하다. 이를 통하여 신·증축과 개보수를 통한 국민들의 적극적인 참여를 유도하여야 할 것이다. 녹색건축물의 경우 기존의 건축물보다 엄격한 기준을 적용할 것이라는 점에서 참여를 유인하기 어렵다는 점에서 다양한 실효성 있는 유인책과 더불어 행정절차의 간소화 등을 통하여 참여를 유도하는 노력이 필요하다. 이를 위해서는 그 동안의 복잡하고 다원화된 인허가 절차를 간소화하고 엄격한 기준에 대한 단일한 기준을 마련하여 보다 쉽게 접근할 수 있도록 함으로써 참여유인을 확립하여야 할 것이다.

#### 8) 지원제도의 실효성 확보의 필요성

지원제도를 실효성 있게 하기 위해서는 먼저 예산과 인력의 확보가 선행되어야 하겠지만, 이보다는 입법적인 근거를 확보하는 것이 보다 실효성 있는 장치를 마련하는 하나의 방안이 될 수 있을 것이며, 이러한 입법적 근거를 기초로 예산 등이 적절하게 배분된 종합계획을 수립한다면, 실효성 있는 지원제도를 확립할 수 있을 것이다. 기존의 무분별하면서 실효성 없는 법제도적 지원 장치보다는 실질적이고 현장에서 효과를 발휘할 수 있는 지원제도를 선별적으로 입법화하여 정책의 효율성을 높이는 지원제도로 확립하는 것이 필요할 것으로 보인다.





- 강만옥. 2005. 『에너지부문의 환경세 도입이 환경 및 경제에 미치는 영향에 관한 연구』 KEI.
- 강만옥, 김승래. 2008. 『에너지·환경세제 개편방안』, 한국경제선진화를 위한 세계개혁, 도서출판 해남.
- 강만옥 외. 2008. 『에너지·전력부문 보조금의 환경친화적 개편방안』 KEI.
- 강운영. 2006. 『기후변화협약 대응을 위한 중장기 정책 및 전략수립에 관한 연구』 에너지경제연구원.
- 강운영. 2002. 『온실가스 감축 의무부담과 경제에 미치는 영향』 에너지경제연구원.
- 건설교통부. 2006. 『기후변화협약 대비 교통부문 온실가스 저감정책의 효과분석 2단계』.
- 김용건, 장기복. 2008. 『국제 온실가스 배출권 거래제도의 파급효과 분석』 한국환경정책평가연구원.
- 김승래. 2007. “지속가능발전을 위한 우리나라의 자세 및 예산개혁 방향” 『지속가능발전을 위한 에너지 세계 및 가격정책의 개선방향』 한국재정학회.
- 김승래, 박상원, 김형준. 2008. 『세계의 환경친화적 개편에 관한 연구』 한국조세연구원.
- 김종욱 외. 1997. 『비용최소화와 환경영향을 고려한 철강기술 평가에 관한 연구 : MARKAL 모형의 응용』 한국에너지공학회지 제6권 제2호.
- 김종욱 외. 1998 『MARKAL 모형을 이용한 석유화학기술 평가 모듈 개발에 관한 연구』 한국에너지공학회지 제7권 제2호.
- 노동운, 강운영. 2004 『온실가스 배출저감 정책수단이 제조업의 생산성에 미치는 영향』 에너지경제연구원.
- 노동운. 2005. 『산업부문 온실가스 감축 및 에너지절약 잠재량 추정: 시멘트산업』 에너지경제연구원.
- 노동운. 2006. 『산업부문 온실가스 감축 및 에너지절약 잠재량 추정Ⅱ(정유산업) - 상향식 최적화 모형 (MARKAL) 이용』 에너지경제연구원.
- 민동기 외. 1999. 『생활용수 수요 추정에 관한 연구』 환경부.
- 민동기. 2009. 『수질배출부과금제도 개선방안 연구』 환경관리공단.
- 민동기. 2009. 『수질배출부과금제도 개선방안 연구』 환경관리공단.
- 민동기 외. 1999. 『생활용수 수요 추정에 관한 연구』 환경부.
- 송승영. 『국내 친환경 건축물 인증제도 개요 및 현황』 대한설비공학회.
- 신성휘. 1999. 『기후변화협약 대응 실천계획 수립을 위한 연구-제2차년도』 에너지경제연구원
- 에너지경제연구원. 1997. 『아시아지역 온실가스 최소비용 저감전략(Asia Least-cost Greenhouse Gas

- Abatement Strategy: ALGAS) 프로젝트」.
- 에너지경제연구원. 1999. 「한국의 지구온실가스 배출과 저감정책도입방안 연구 - 연산 가능한 일반균형(CGE) 모형을 이용한 실증분석」.
- 에너지경제연구원. 1999. 「TOP-Down 모형 구축을 위한 연구 - 교토메카니즘 분석을 위한 Global CGE 모형 개발」.
- 에너지경제연구원. 2005. 「에너지총조사 보고서」.
- 에너지경제연구원. 2008. 「에너지총조사 보고서」.
- 에너지경제연구원. 2008. 한국환경정책평가연구원. 「온실가스 저감잠재성 분석」.
- 임재규. 강운영. 2000. 「기후변화협약의 국내 산업구조 및 국제경쟁력 파급효과」 에너지경제연구원.
- 임재규. 2008. 「기후변화협약에 의거한 제3차 대한민국 국가보고서」 에너지경제연구원.
- 조경엽. 권태규. 1999. 「한국의 지구온실가스 배출과 저감정책도입방안 연구 - 연산 가능한 일반균형(CGE) 모형을 이용한 실증분석」 에너지경제연구원.
- 조영탁. 2007. “지속가능한 에너지체제를 위한 에너지세제 및 보조금정책: 정책과제와 방향모색” 「지속가능발전을 위한 에너지세제 및 가격정책의 개선방향」 한국재정학회.
- 지식경제부. 2008. 에너지통계연보.
- 지식경제부. 2009. 「에너지총조사 보고서」.
- 진경태 외. 1998. 「지구환경을 고려한 에너지자원 기술정책 방향」 한국에너지기술연구소.
- 최병렬. 2002. 「EFOM-ENV 모형개선 및 수송부문 사례 분석 연구」 에너지경제연구원.
- 한국정보통신기술협회. 「대기전력저감 프로그램」.
- 한국전력. 「한국전력통계(2009.5)」.
- 한국전력. 「전력통계속보(2009.8)」.
- 한국에너지기술연구원. 2008. 「국내 온실가스 감축잠재량 분석」.
- 홍구표. 박철용. 2008. 「건물에너지 효율등급 인증제도 소개 및 현황 분석」 쌍용에너지.

Anderson, M. et al. 2007. Competitiveness Effects of Environmental Tax Reforms (COMETR) project, NERI, Denmark.

Deborah Gordon. 2005. “Fiscal Policies for Sustainable Transportation: International Best Practices” march 31.

- ECMT. 1998; Delucchi, M., 2000; and Davis, 2004, Table 1.8  
Energy Information Administration). 2009. 『Annual Energy Outlook』  
Goodwin et. al. 2004. Elasticities of Road Traffic and Fuel Consumption with Respect to price  
and income : A Review. Transport Reviews, 24(3). 275-292.  
Annema et. al. 2001.  
McKinsey & Company. 2009. 『Pathways to a Low-Carbon Economy: Version 2 of the Global  
Greenhouse Gas Abatement Cost Curve』.  
OECD. 2007. Cutting Transport CO<sub>2</sub> Emissions- What Progress.  
OECD. 2008. Greenhouse Gas Reduction Strategies in the Transport Sector.  
International Transport Forum.  
Stefan Speck. 2007. “Green Tax and Budget Reform as a Public Policy Promoting Green Growth:  
European Experiences”, UNESCAP.  
World Development Indicators CD-ROM. World Bank. Washington. D.C.
- 교통안전공단. <http://www.ts2020.kr>  
국가수송DB센터. <http://www.ktdb.go.kr>  
국회예산정책처. <http://www.nabo.go.kr>  
국토해양부. <http://www.mltm.or.kr>.  
녹색성장위원회. <http://www.greengrowth.go.kr>  
에너지관리공단. <http://www.kemco.or.kr>  
지식경제부 및 국가수송DB센터. <http://www.ktdb.go.kr>  
한국은행. <http://www.bok.or.kr>  
한국전력 홈페이지. <http://www.kepco.co.kr>  
한국정보통신기술협회. <http://www.tta.or.kr>  
한국 지역 난방 공사. <http://www.kdhc.co.kr>  
한국ESCO협회. <http://www.esco.or.kr>  
환경관리공단. <http://www.emc.or.kr>  
한국환경정책평가연구원. <http://www.kei.re.kr>

한국교통연구원. <http://www.koti.re.kr>

한국자동차공업협회. <http://www.kama.or.kr>

Modeling General Equilibrium Problem, <http://www.forums.seib.org/leap>

[www.tellus.org/sebi/leap](http://www.tellus.org/sebi/leap)

[www.cdrs.re.kr](http://www.cdrs.re.kr)



## 1. 시계열 자료를 이용한 수송용 연료별 수요함수 추정 방법

### 가. 단위근 시계열의 정의

지금까지 많은 분석에서 다른 변수들은 정상성(stationary)을 만족한다는 가정 아래 이루어져 왔다. 그러나 시계열 자료가 단위근을 가지는 비정상(non-stationary) 시계열인 경우 예측 모형을 만들기 위해서는 비정상 시계열인 단위근 시계열에 대한 이해가 필수적이다.

구체적으로 단위근(unit root)의 개념을 살펴보기 위해서 간단한 형태의 AR(1)모형을 설정하여 단일 시계열  $\{y_t\}$ 가

$$y_t = \alpha y_{t-1} + \epsilon_t \dots\dots\dots (1)$$

와 같은 자료생성과정(data generating process: DGP)에 의해 생성되었다고 가정한다. 여기에서 교란항으로 쓰인  $\{\epsilon_t\}$ 는 자기상관이 없고 평균이 0이며, 시간에 관계없이 분산이  $\sigma_t^2$ 으로 동일하게 주어지는 백색잡음(white noise)이다. 이 모형을 시차연산자(lag operator) 'L'을 이용하여

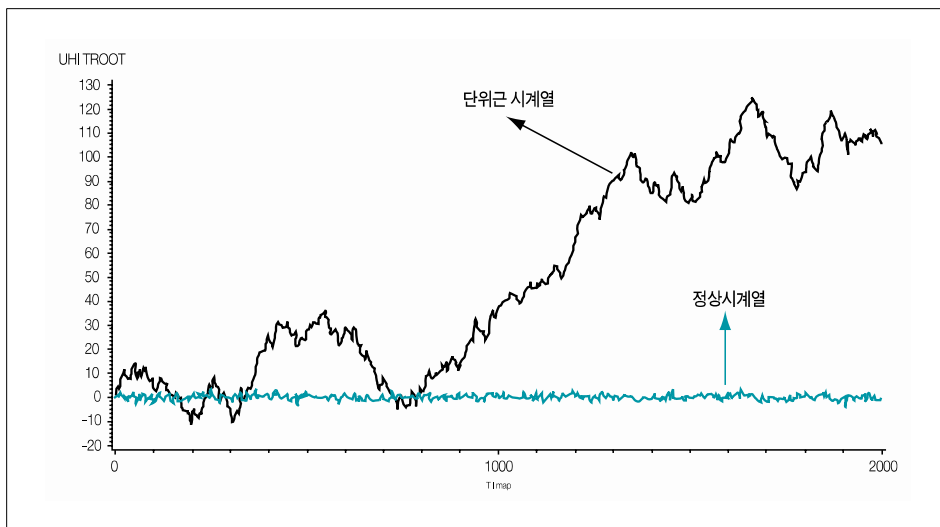
$$(1 - \alpha L)y_t = \epsilon_t \dots\dots\dots (2)$$

라고 적을 수 있다. 이때 시차연산자의 다항식에 의해 주어지는 식인

$$1 - \alpha z = 0 \dots\dots\dots (3)$$

을 흔히 특성방정식(characteristic equation)이라고 한다. 특별히  $\alpha = 1$ 인 경우 특성방정식의 근은  $z = 1$ 로 단위 값을 가지게 된다. 따라서 식(1)의 AR(1)모형에서  $\alpha = 1$ 인 경우를 일컬어 “시계열  $\{y_t\}$ 가 단위근(unit root)을 갖는다.”라고 한다.

단위근을 갖는 시계열의 시간 경로가 정상시계열의 그것과 어떻게 다른가를 구체적으로 살펴보기 위해서 식(1)의 AR(1)모형에서 1차 자기회귀계수를  $\alpha = 1$ 과  $\alpha = 0.5$ 로 하여 모의실험(simulation)을 수행한 후에 그 결과를 <그림 a1>에 나타내었다. <그림 a1>에서 정상시계열과 단위근을 갖는 시계열의 시간경로는 서로 매우 다르다는 것을 알 수 있다. 정상시계열의 시간에 따른 경로는 평균선을 중심으로 이를 크게 벗어나지 않으면서 움직이고 있음을 볼 수 있는데, 이는 정상시계열이 평균값에 머물고자 하는 평균회귀(mean reversion) 성향이 있음을 뜻한다. 부연하면 이것은 시계열의 움직임에 어떤 정상수준이 있어 이보다 높거나 혹은 낮은 값이 실현될 경우 장차 그 값이 떨어지거나 혹은 올라갈 것으로 예상할 수 있다는 뜻이 된다. 이에 반해, 단위근이 존재하는 시계열의 경로는 대부분 평균에서 벗어나서 불규칙적으로 움직이게 되며, 따라서 그 평균이 어떤 의미로든 정상수준을 나타내지는 않는다.



■ 그림 a1. 정상시계열과 단위근 시계열의 예시

두 번째로 알 수 있는 것은 단위근 시계열의 시간경로에 완만하게 움직이는 어떤 추세(trend)가 포함되어 있는 듯이 보인다는 것이다. 시계열분석에서 보통 추세란 선형시간추세(linear time trend)와 같이 확정적(deterministic)인 것을 말하지만, 앞에서 언급한 추세의 개념은 장기간에 걸쳐 완만하고 부드러운 움직임을 가지며 나타나는 시계열의 구성성분(nomponent)을 일반적으로 지칭한 것이다. 물론 <그림 1>에서 단위근 시계열의 경로가 보여주는 추세는 예측할 수 없는 것으로 이미 확정적인 것이 아닌 확률적(stochastic)인 성격을 가지는 것이다. 이런 이유 때문에 흔히 단위근 시계열을 지칭하는 경우 “시계열이 확률적 추세(stochastic trend)를 갖는다”라고도 한다.

### 나. 단위근 검정 방법

#### 가) ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정

시계열자료들이 불안정 시계열자료일 경우일 때 회귀분석을 실시하면 실제로는 아무런 관계도 없는 두 변수 사이에 높은 통계적 유의성을 보이는 가성회귀가 발생할 수 있다. 즉, 이는 확률보행 과정을 따르는 시계열자료의 분석이 일정하지 않고 증가하는 등 최소자승(OLS) 추정치에 대한 Gauss-Markov 정리의 조건이 성립하지 않기 때문이다. 이러한 경우에 원시계열자료를 1차 차분 후 전통적인 회귀분석이론에 적용시킬 수 있다.

이렇게 시계열자료의 안정성을 검정하는 방법으로 ADF(Augmented Dickey-Fuller) 검정법과 PP(Phillips-Perron)검정법이 있다. 우선 ADF 검정법은 다음과 같은 회귀식을 통해 안정성을 검정한다.

$$\Delta Y_t = \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t \dots\dots\dots (4)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + \epsilon_t \dots\dots\dots (5)$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \gamma Y_{t-1} + \sum_{i=1}^p \delta_i \Delta Y_{t-i} + \epsilon_i \dots\dots\dots (6)$$

식(4)에서 식(6)을 추정하여 다음의 귀무가설에 대한 검정을 통해 시계열 자료의 안정성 여부를 검정할 수 있다.

$$H_0 : \gamma = 0 (\text{non-stationary})$$

$$H_1 : \gamma < 0 (\text{stationary})$$

이러한 가설을 검정하기 위해서는  $\Delta Y_t$ 를  $Y_{t-1}$ 에 회귀분석하여  $t$ -통계량을 구한다. 이때  $t$ -통계량은 단측검정을 통해 얻어지며, 상수항 또는 추세의 적용에 따라서 다른 임계치를 부여하게 된다. ADF 검정에 사용되는 임계치는 일반적인  $t$ -분포가 아닌 Dickey-Fuller(1979)가 제시한 값을 이용하게 된다.

통상적으로  $\gamma \leq 0$ 의 값을 가지면  $t$ -통계치가 Dickey-Fuller(1979)가 제시한 값보다 상대적으로 작게 나타나므로 시계열자료가 불안정하다는 귀무가설을 채택한다. 반대로 안정적인 시계열의 경우  $t$ -통계치가 상대적으로 크게 나타나므로 귀무가설을 기각하게 된다.

검정 회귀식에 사용된 시차는 SC(Schwarz Information Criterion)와 AIC(Akaike Information Criterion)를 고려하여 적절하게 사용하였다.

#### 나) PP(Phillips-Perron) 검정

$\epsilon_t \sim iid(0, \sigma_\epsilon^2)$ 와 같은 오차항에 대한 가정이 충족되지 못하는 보다 포괄적인 상황, 즉  $\hat{\epsilon}_t$ 가 자기상관은 물론 이분산 현상까지 갖는 경우를 상정하여 단위근 검정을 적용하고자 DF 검정을 수정하게 되는데 이를 PP 검정이라 한다.

PP 검정은 DF 검정통계량을 추정된 후 추정된 오차항의 분산 값을 이용하여 DF 검정통계량을 변환시킴으로써 자기상관 등의 영향을 제거시킨 검정통계량을 창출한 다음 실시하게 된다. PP 검정의 검정모형은 다음과 같다.

$$y_t = \alpha + \beta y_{t-1} + \eta_t \dots\dots\dots (7)$$

$\eta_t$ : 백색잡음항(white noise)

그리고 PP 검정의 수정된 검정통계량은 다음과 같고, 이는 Dickey-Fuller 분포를 갖는다.

$$Z_{\hat{\rho}} = T(\hat{\rho} - 1) - \lambda \left[ T^{-2} \sum_{t=2}^T y_{t-1}^2 \right]^{-1} \dots\dots\dots (8)$$

$$\Rightarrow T^{-2} \sum y_{t-1}^2 \Rightarrow \sigma^2 \int_0^1 W(r)^2 dr$$

PP 검정을 수행할 때 사용할 가설과 모형은 다음과 같다.

$$H_0 : \rho = 1$$

$$\Delta y_t = \alpha + \rho y_{t-1} + \epsilon_t \dots\dots\dots (9)$$

특히 PP 검정시 시차수의 결정은 매우 중요한데, 만약 시차수가 적을 경우 분산에 대해 편의추정량(biased estimator)을 가질 수 있고, 반면에 시차수가 많을 경우에는 추정치가 유의하지 않은 시차를 사용할 우려가 있다는 점을 유의해야 한다.





# Abstract

## Research on the Mitigation Potentials and Mitigation Policies of the Transport and Buildings in Korea

The Republic of Korea is vulnerable to global environmental problems such as its obligations under the Climate Change Agreement that require immediate attention. The Republic of Korea has the world's highest rate of increase of CO<sub>2</sub> emissions, 10 times higher than the OECD average of 0.8 percent. Furthermore, the Bali Roadmap for the post-2012 system adopted at the 13th UNFCCC Conference (Dec 2007) will require that Korea take responsibility for cutting greenhouse gas emissions in the future. By sector in 2005 in Korea, the energy industry sector had the highest amount of CO<sub>2</sub> emissions at 43 percent, followed by transportation at 22 percent and manufacturing at 19 percent. If we were to look at the composition of CO<sub>2</sub> emissions in the transportation sector, roads took up the highest percentage at 78.2, followed by sea (13.2 percent) and air (6.4 percent). Buildings consume a large share of energy at 20 percent and while residences and businesses emitted 79 million tons of carbon dioxide, taking up about 14 percent of total emissions.

The potential has increased for Korea to become obligated to cut greenhouse gases after 2013 pursuant to the Bali Roadmap from the UNFCCC has risen. Accordingly, this study estimates each major policy measure's potential to cut greenhouse gases in the transportation and building sectors, which have relatively higher prospects to cut emissions. It also presents specific measures to implement policy in order to contribute to the development of policies at the national level. An energy demand

function using a time series measuring model was used to forecast energy demand and to estimate the potential of each policy tool in the transportation and building sectors to cut greenhouse gases.

This study estimates and presents the potential of each major policy tool in the transportation sector to cut CO<sub>2</sub> based on the BAU of 2015. According to the analysis, expanding the biofuel supply will cut CO<sub>2</sub> emissions by 4.274 million tons (-3.9% of total emissions in 2015), enhancing vehicle fuel economy will cut 2.051 million tons (-1.9% of total emissions in 2015), carbon taxing vehicle fuel will cut 1.952 million tons CO<sub>2</sub> (-1.8% of total emissions in 2015), enhancing standards for vehicle emission will cut 1.603 million tons CO<sub>2</sub> (-1.5% of total emissions in 2015), discarding fuel subsidies will cut 1.496 million tons CO<sub>2</sub> (-1.4% of total emissions in 2015), and supporting the expanded supply of eco-friendly vehicles will cut 182,000 tons CO<sub>2</sub> (-0.2% of total emissions in 2015). However, the foregoing conclusions on the the potential of each policy tool to cut greenhouse gases should not be used as a test to determine policy priorities. The above analysis should be interpreted only as an attempt to quantify the results of policy by using a partial equilibrium approach methodology under various assumptions made under realistic limits.

In terms of use of electricity in the building sector and according to a time series analysis, it is estimated that each one percent increment in the price of electricity reduces demand by about 1.05~1.247 percent. If the actual GDP were to increase annually as per the estimates of the Ministry of Planning and Finance and the price of electricity were to be raised by one percent annually, electricity consumption and CO<sub>2</sub> emissions would diminish by about 6.5~7.7 percent compared to the price of electricity remaining constant.

The following policies should accordingly be pursued as measures to cut greenhouse gases in the transportation sector. First, in order to enhance the fuel economy/allowed standards for CO<sub>2</sub> emission, a bonus should be given for the purchase of vehicles with higher fuel economy or lower CO<sub>2</sub> emissions than average and a penalty (“malus”)

should likewise be imposed for the purchase of vehicles with lower fuel economy or higher CO<sub>2</sub> emissions, creating a “feebate” for improved fuel economy/CO<sub>2</sub> emissions and thereby cutting emissions in the transportation sector. In order to reflect the social cost of CO<sub>2</sub> emissions of each source of energy on the pricing system, it is necessary to explicitly establish taxes such as a carbon tax, separate from the existing system. Furthermore, to vitalize the supply of biofuels, first, annual supply targets should be set, specific supply plans drawn up and an incentive system built in order to reach the targets. In the case of eco-friendly vehicles (hybrid vehicles, fuel cell vehicles, electric vehicles, etc.) with great potential to cut greenhouse gases in the future, it is necessary to largely expand the supply target. To this end, incentives should be provided for purchasing such vehicles or to reorganize the vehicle taxation system, which is now set based on exhaust amount, in the medium- to long-term by linking it to CO<sub>2</sub> emissions.

Policy measures to cut greenhouse gases in the building sector should be as follows. As it is necessary to raise the price of electricity, it would be reasonable to raise it gradually every year. When the government provides low interest loans for ESCO, it should gradually expand the ratio of funds provided to owners of buildings while at the same time informing owners about the ESCO project and provide information about the appropriate businesses. Furthermore, the application of an energy saving design standard systems for buildings should be expanded to other types of buildings and the design standards as well as energy saving standards should be set. Likewise, measures should be considered to endow flexibility in the design standards if a building satisfies the energy saving standards for having adopted other technologies. For energy efficient grades/standby power saving, instead of relying on consumers’ voluntary selection, it would be more effective to set minimum efficiency standards for manufacturers.





## 기본연구

### 2005년

- RE-01 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 I (한화진 외)
- RE-02 Greenhouse Gas Emissions Trading Schemes - Recent Development and Policy Recommendations for Korea (김용건, Erik F. Haites)
- RE-03 지속가능한 하구역 관리방안(II) (이창희 외)
- RE-04 농촌의 경관가치평가와 관리 방안 (김광임 외)
- RE-05 신재생에너지전력 시장활성화 방안 연구 (이창훈 외)
- RE-06 에너지부문의 환경세 도입이 환경 및 경제에 미치는 영향 (강만옥 외)
- RE-07 The Impact Analysis of Urban Growth on Environment Using the Econometric Regional Impact Model (여준호 외)
- RE-08 도시토지이용의 생태 효율 제고방안 연구 (박창석 외)
- RE-09 지방단위 지속가능발전지표 연구 (정희성 외)
- RE-10 총량관리체계 하에서의 지역환경관리 (문현주, 황석준)
- RE-11 배출허가체계 개선 방안 연구 (이병국 외)
- RE-12 Pharmaceuticals in the Environment and Management Approaches in Korea (박정임)
- RE-13 멸종위기 야생동·식물종의 선정 평가기법 연구 (방상원, 안선영)
- RE-14 GIS-based Wildlife Habitat Management Strategies in Korea (노백호 외)
- RE-15 녹지의 대기환경영향에 관한 연구 - 도심지역에서의 녹지와 국지적 대기환경영향과의 상관관계를 중심으로 (주현수 외)
- RE-16 An Econometric Analysis on the Costs of Carbon Sequestration in Korea (안소은)
- RE-17 동북아 환경협력체계 효율화 방안 연구 (추장민 외)
- RE-18 보호대상 식물종에 대한 환경영향평가기법 개선방안 연구 (이현우 외)
- RE-19 환경영향평가지 대기확산모델의 적용에 관한 연구 (문난경 외)
- RE-20 터널로 인한 지하수 영향 저감방안 연구 (이정호 외)
- RE-21 해양매립사업으로 인한 환경영향의 효율적인 저감방안에 관한 연구 (맹준호 외)
- RE-22 지형·지질을 고려한 개발사업의 입지선정에 관한 연구 - 골프장 및 석산개발 입지에 관하여 (김지영 외)

### 2006년

- RE-01 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 II (한화진 외)
- RE-02 지속가능한 하구역 관리방안 III (노백호 외)
- RE-03 통합적 환경관리체계 구축을 위한 정책방안 연구 I (정희성 외)
- RE-04 도시지역에서의 바람길과 대기질 영향에 관한 연구 (주현수 외)
- RE-05 An Approach for Developing Aquatic Environmental Risk Assessment Framework for Pharmaceuticals in Korea (박정임 외)
- RE-06 지속가능한 물질관리를 위한 자원순환정책 방안 (김광임 외)
- RE-07 Job Creation and Environment (황욱 외)

- RE-08 An Application of Benefit Transfer to Outdoor Recreation Values in Korea (안소은 외)
- RE-09 Estimating Climate Change Damage Using PAGE Model (채여라 외)
- RE-10 A Study on the Endogenous Process of Implementing International Environmental Standards (황욱 외)
- RE-11 Air Quality Modeling System I - Development of Emissions Preparation System with the CAPSS (문난경 외)
- RE-12 수생태계 복원을 위한 제도정비 방안과 추진전략 (이병국, 노태호)
- RE-13 습지보전을 위한 정책방안 연구 - 습지은행제도(Wetland Banking)를 중심으로 (방상원 외)
- RE-14 Improving Coherence between Soil and Groundwater Quality Standards (황상일 외)
- RE-15 유해화학물질 함유 제품의 소비자노출기법 적용 방안 (신용승 외)
- RE-16 지방자치단체 환경예산제도의 발전방향 연구 (이창훈, 김영미)
- RE-17 산업 클러스터 구축정책과 환경관리 (최진석)
- RE-18 환경평가에 있어 생물다양성 항목의 도입 방안 (권영한 외)
- RE-19 항공기소음의 영향예측기법 개선방안 (선호성, 박영민)
- RE-20 고압송전선로 전자파에 대한 노출범위 설정 방안 (전인수, 김한나)
- RE-21 해안개발사업에 따른 해안침식영향 저감방안 연구 (조광우 외)
- RE-22 대기업과 중소기업의 환경관리 양극화 현황과 정책과제 (이창훈, 이윤미)

## 2007년

- RE-01 기후변화 영향평가 및 적응시스템 구축 III (한화진 외)
- RE-02 도시지역 저소득계층 보호를 위한 환경정책연구 (추장민 외)
- RE-03 에너지·전력부문 보조금의 환경친화적 개편방안과 파급효과 연구 I (강만옥 외)
- RE-04 통합적 환경관리체계 구축을 위한 방안 연구 II - 「배출시설규제에관한법률(가칭)」 제정안을 중심으로 (한상운 외)
- RE-05 도시생태네트워크 구축을 위한 토지이용계획 연구 (박창석, 오규식)
- RE-06 Environmental Risk Assessment of Pharmaceuticals - Model Application for Estimating Pharmaceutical Exposures in the Han River Basin (박정임 외)
- RE-07 축차 동태형 환경경제 통합 모형 연구 (강상인, 김재준)
- RE-08 환경평가와 지속가능발전지표 연계운용방안에 관한 연구 (김호석 외)
- RE-09 제품군별 대기 및 수질 오염물질 배출량 추정 (공성용 외)
- RE-10 환경자원의 가치평가체계 구축 I - 조건부 가치 평가법의 가상편의 검증 및 개선 방안 (이진권, 임영아)
- RE-11 수생태계 보호를 위한 토사 관리 방안 (김익재 외)
- RE-12 Risk Management of Hazardous Chemicals Considering Interaction between Indoor and Outdoor Sources (신용승 외)
- RE-13 해안지역 지하수 수자원 통합관리방안 연구 I (이정호 외)
- RE-14 Development of a Methodology Assessing Rice Production Vulnerability to Climate Change (유가영, 김정은)
- RE-15 Estimation of Costs and Impacts for Various Options of Post-Kyoto Climate Regime (채여라 외)
- RE-16 지하수자원의 합리적 이용·관리를 위한 정책방향 (문현주)
- RE-17 생태축 분석을 위한 경관생태학적 방법론 연구 (이상범)

- RE-18 깃발매립사업 환경평가 개선방안에 관한 연구 (맹준호 외)
- RE-19 Air Quality Modeling System II (문난경 외)
- RE-20 자연친화적인 자연재난완화정책(Hazard Mitigation Policy)에 관한 연구 - 토지이용계획 및 관리를 통한 홍수피해완화 방안 (정주철 외)

2008년

- RE-01 도시지역 저소득계층 보호를 위한 환경정책연구 II (추장민 외)
- RE-02 통합적 환경관리체계 구축을 위한 정책방안 연구 III (한상운 외)
- RE-03 지속가능한 생태문화도시의 방향설정 및 추진방안 (진중현 외)
- RE-04 기후변화 대응 온실가스 감축을 위한 국가할당방안 연구 (이상엽, 이정인)
- RE-05 기후변화 취약성 평가 지표의 개발 및 도입방안 (유가영, 김인애)
- RE-06 에너지·전력부문 보조금의 환경친화적 개편방안과 파급효과 연구 II (강만옥, 이상용)
- RE-07 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리방안 (박창석 외)
- RE-08 수질오염총량관리를 위한 배출권거래제 도입방안 (문현주)
- RE-09 수생태계 보호를 위한 소하천 관리 방안 (김익재, 한대호)
- RE-10 해안지역 지하수 수자원 통합관리방안 연구 II (문유리 외)
- RE-11 국제 온실가스 배출권 거래제도의 파급효과 분석 (김용건, 장기복)
- RE-12 환경평가제도 30년의 성과분석과 발전방향 (조공장 외)
- RE-13 도시개발사업에서 환경생태계획의 체계적 도입방안 (최희선 외)
- RE-14 한국의 지질유산 정보구축과 관리방안 (이수재 외)
- RE-15 동북아 생태네트워크 추진체계 구축을 위한 연구 (전성우 외)
- RE-16 북한의 자연재해 취약지 추정 및 남북협력 방안 연구 (명수정 외)

2009년

- 2009-01 도시지역 저소득계층 보호를 위한 환경정책연구 III (추장민 외)
- 2009-02 해양 유류유출사고의 중장기적 영향분석 및 제도개선 방안 (신용승 외)
- 2009-03 환경가치를 고려한 통합정책평가 연구 I (안소은)
- 2009-04 수질오염총량관리를 위한 배출권거래제 적용방안 연구 (문현주)
- 2009-05 하천 건전성 평가모델 LOCOPEM을 적용한 환경평가 예측기법 (노태호 외)
- 2009-06 환경평가를 활용한 토지이용계획 수립방안에 관한 연구 - 도시 및 택지개발을 중심으로 (정주철 외)
- 2009-07 관광개발 다양화에 따른 친환경적 계획수립 및 평가방안에 관한 연구 (사공희 외)
- 2009-08 Noise map을 활용한 환경소음의 관리방안 마련 (선효성 외)
- 2009-09 제품분류에 따른 대기오염물질 직·간접 배출량 추정과 변화요인 분석 (공성용 외)
- 2009-10 기후변화 대응 온실가스 감축을 위한 국가할당방안 연구 II (이상엽 외)
- 2009-11 식생과 토양의 역할을 고려한 저탄소 토지이용계획 수립방안 I (황상일 외)
- 2009-12 북한의 가뭄재해 취약지 분석 및 대응에 관한 연구 (명수정 외)
- 2009-13 기후변화 대응을 위한 물환경 관리 전략 및 정책방향 I (김익재 외)
- 2009-14 지구온난화에 따른 지역규모 대기질 영향평가 I (문난경 외)
- 2009-15 미래 녹색도시 구현을 위한 복합기능 도시습지의 복원 및 조성 방안 연구 I (방상원 외)
- 2009-16 국토연안생태네트워크 구축과 계획적 관리방안 II (박창석 외)
- 2009-17 환경시장의 구조 변화와 정책 과제 (김중호 외)
- 2009-18 그린화학제도 활성화 및 산업체 지원방안 (박정규)

## 수시연구

### 2005년

- WO-01 Joint Pilot Studies between Korea and Mongolia on Assessment of Environmental Management System in Gold Mining Industry of Mongolia II (Jeongho LEE 외)
- WO-02 유역관리를 통한 다목적댐 저수지의 효율적인 탁수관리방안 (최지용 외)
- WO-03 휴·폐금속광산지역의 토양오염관리방안 (박용하, 서경원)
- WO-04 녹색구매 대상제품의 화학적 안전성 제고를 위한 정책연구 (신용승, 김효정)
- WO-05 A Study on the Integrated Product Policy of EU and Corresponding Tasks (공성용, 최형진)
- WO-06 Korea Environmental Policy Bulletin III (이병국, 송영일)

### 2006년

- WO-01 Joint research between Korea and Mongolia on water quality and contamination of transboundary watershed in Northern Mongolia (이영준 외)
- WO-02 A National CGE modeling for Resource Circular Economy (강상인 외)
- WO-03 OECD의 환경유해보조금 개혁 논의동향과 국내 정책과제 (강만옥, 이상용)
- WO-04 산지를 활용한 친환경적 골프장 조성에 관한 연구 (권영한, 김지영)
- WO-05 Leaf Area Index (LAI) Analysis of Landsat Satellite Images for Monitoring of the Future CDM Afforestation/Reforestation Project in North Korea (이상범, 홍현정)
- WO-06 주요 지질별 지하수개발이용 특성 및 수질관리실태 비교연구 (문유리, 유은혜)
- WO-07 다목적 댐 저수지의 비점오염실태 및 친환경적 관리방안 연구 (최지용 외)
- WO-08 Korea Environmental Policy Bulletin IV (이병국)
- WO-09 누적영향평가를 위한 평가범위 산정에 대한 연구 - 생활환경분야 (이영수, 김영하)
- WO-10 수자원 계획 관련 거버넌스와 환경갈등관리 방안 (정희성 외)
- WO-11 국방·군사시설에 대한 환경영향평가 개선 방향 - 군사훈련장 사업을 중심으로 (최준규, 강재구)
- WO-14 소수력발전소 개발사업의 환경적 고찰 (권영한, 김지영)

### 2007년

- WO-01 지역커뮤니티의 지속가능한 발전을 위한 환경평가 방법론 연구 - 주민참여의 개선방안을 중심으로 (조공장)
- WO-02 연구효율성 향상을 위한 원시자료 공유체계 구축 - KEI 연구보고서를 중심으로 (전성우, 허종식)
- WO-03 지하수 수질기준 및 정확기준 재설정에 대한 정책방향 (이정호, 김훈미)
- WO-04 편익이전 방법을 이용한 습지가치 추정: 메타회귀분석을 중심으로 (안소은, 노백호)
- WO-05 골프장 조성사업의 합리적 환경평가 방안 (황상일 외)
- WO-06 저수지 비점오염원 저감을 위한 인공습지의 설치효과 및 개선방안 (최지용, 반양진)
- WO-07 Comparative Study on Environmental Impact Assessment between Korea and China (유현석)

### 2008년

- WO-01 부처별 비점오염원 관리사업의 효율적 추진 방안 (최지용)
- WO-02 환경성을 고려한 태양광, 풍력발전소 입지선정 가이드라인 (권영한 외)
- WO-03 허베이 스피리트호 원유유출사고의 정책적 진단 및 향후과제 (신용승, 임혜숙)

- WO-04 다목적댐 상류 소유역 관리 방안 연구 (최지용, 박인상)
- WO-05 상하수도 부문 전략적 재정계획 - 한국의 사례 (문현주)
- WO-06 해양 유류유출사고 방제중요기준 설정 방안 (황상일, 신용승)

## 2009년

- 2009-01 저탄소·자원순환형 사회 구축을 위한 환경정책 (장기복 외)
- 2009-02 Integrated Water Management Model on the Selenge River Basin II (추장민 외)
- 2009-03 합리적인 수리권 및 수자원에의 기여와 보상체계 연구 (문현주)
- 2009-04 지속가능발전 관점에서의 녹색성장 의미와 평가방안에 관한 연구 (김호석 외)
- 2009-05 남·북한 공유하천의 관리 현황과 물안보 확보방향 (김익재 외)
- 2009-06 미세먼지의 농도 변화를 이용한 다중 이용시설의 흡연으로 인한 실내공기질 관리 정책 평가 (김성렬 외)
- 2009-07 유네스코 지질공원의 특성과 시사점 연구 (이수재 외)
- 2009-08 4대강 살리기 사업을 위한 필요 전문기술인력 추정 (안종호 외)

## 기초연구

### 2007년

- 2007-01 교통소음의 건강영향에 대한 환경적 고찰 (선효성)
- 2007-02 국토개발사업의 지속가능성 평가 - 평가체계 정립과 녹지총량관점에서의 실험 평가 (이현우, 이관규)
- 2007-03 남북한의 환경법제에 관한 비교 연구 (한상운 외)
- 2007-04 2008년도 기본연구사업 추진을 위한 기획 연구 (이병국, 이현우)
- 2007-05 식물사회학적 이론에 의한 생태모델숲 조성기법 (정흥락 외)
- 2007-06 기후변화협약 신축성 메커니즘의 경제적 파급효과 비교 연구 (황욱)

### 2008년

- 2008-01 도시기본계획의 환경부문 계획수립 실태 및 개선방안에 관한 연구 (최준규, 주용준)
- 2008-02 지방자치단체의 환경분야 자주재원 확충방안 연구 - 지방환경세 도입을 중심으로 (이창훈 외)
- 2008-03 지하수관리 관점에서의 노로바이러스 질병 발생에 관한 고찰 (방상원, 조미경)
- 2008-04 환경 친화적인 노동조합 활동 동향과 정책적 시사점 연구 (황욱, 이상용)
- 2008-05 사업단계 전략환경평가를 위한 환경가치 활용방안 (안소은)
- 2008-06 식생분석을 위한 고분광영상(Hyperspectral Image) 활용방안 (이상범)
- 2008-07 환경정책연구사업 추진 5개년('08-'12) 계획 (노태호 외)

### 2009년

- 2009-01 다목적댐 상류 폐광산 등 비점오염원 관리방안 (최지용 외)
- 2009-02 도서지역 용수공급체계에 관한 고찰 (문유리 외)
- 2009-03 폐기물 재활용 규제 선진화 방안 - 포장 및 가전폐기물을 중심으로 (김광임)
- 2009-04 유해물질 관리를 위한 SFA(물질흐름분석) 방법론 적용 연구 (주현수)
- 2009-05 녹색화(Green Remediation) 최적관리기법 도입을 위한 기초연구 (황상일, 조한나)
- 2009-06 물환경 기준의 통합적 관리방안에 관한 연구 (한대호, 최지용)

- 2009-07 기후변화가 생태계에 미치는 영향 고찰 - 습지식물상을 중심으로 (권영한, 최홍근)
- 2009-08 도시지역의 기후변화 적응을 위한 열섬효과 완화방안 연구 (명수정)
- 2009-09 4대강 관련 법률 및 제도의 현황분석과 효율적 개선방안 (김태형 외)
- 2009-10 지역단위 하수재이용 활성화를 위한 기초연구 (조을생)
- 2009-11 기후변화 관련 환경보건 통합 데이터베이스 구축 (김성렬)
- 2009-12 환경책임과 환경피해보험제도의 제도화방안에 관한 기초 연구 (한상운)
- 2009-13 실시간 수질 모니터링 및 모델링 체계에 관한 고찰 (정유진)
- 2009-14 수질보전을 위한 새만금호 배수갑문 운영 대안에 관한 연구 (이진희)
- 2009-15 식물생태계가 대기 중 오존농도에 미치는 영향 - 기후변화와 관련하여 (심창섭)
- 2009-16 풍력발전시설에서 발생하는 환경소음 및 저주파음의 영향 (박영민, 정태량)
- 2009-17 신도시의 물순환 건전화를 위한 그린인프라 조성 기준에 대한 연구 (장수환)
- 2009-18 저탄소 생태관광지표 개발 및 평가 (배민기, 박창석)
- 2009-19 기후변화에 따른 연안역의 해역-육역 통합 범람 예측 방안에 관한 기초 연구  
- 해석 모형 비교 · 분석을 중심으로 (김경준 외)
- 2009-20 기업 환경보호지출과 오염배출량의 상관관계 분석 - 대기분야를 중심으로 (하중식 외)

## 녹색성장연구

- |       |   |
|-------|---|
| 2009년 | <ul style="list-style-type: none"> <li>2009-01 국내 대기오염규제의 온실가스 저감효과 제고방안 (김호석 외)</li> <li>2009-02 환경정보와 가이드라인 제공에 의한 자율적 환경평가 지원 (이영준 외)</li> <li>2009-03 환경정보체계에 기반한 공간환경계획 수립 가이드라인 마련 (최희선 외)</li> <li>2009-04 환경평가 절차 효율화를 위한 스크리닝의 단계별 도입방안 (신경희 외)</li> <li>2009-05 환경가치 DB 구축 및 원단위 추정 I (안소은 외)</li> <li>2009-06 국토자연자원의 현명한 이용전략 수립 I (박창석 외)</li> <li>2009-07 온실가스 감축의무 협상동향 및 대응방향 연구 I (김용건 외)</li> <li>2009-08 온실가스 저감잠재성 분석 및 감축정책 연구 - 수송 및 건물부문 (강만옥 외)</li> <li>2009-09 재생에너지의 환경성 평가 및 환경친화적 개발 I - 태양광 및 풍력에너지를 중심으로 (이희선 외)</li> <li>2009-10 기후변화 적응 강화를 위한 사회기반시설의 취약성 분석 및 대응방안 연구 I (명수정 외)</li> <li>2009-11 물관리 취약성과 물안보 전략 I (안중호 외)</li> <li>2009-12 해수면 상승에 따른 취약성 분석 및 효과적인 대응정책 수립 I - 해안침식 영향평가 (조광우 외)</li> <li>2009-13 기후변화 대응을 위한 적정 하천공간 확보방안 연구 (정주철 외)</li> <li>2009-14 기후변화 연동 4대강 유역 지하수 함양 및 이용가능량 산정 기법 개발 I (이정호 외)</li> </ul> |
|-------|---|

※ KEI 설립 이후 현재까지의 보고서 원문은 KEI 홈페이지([www.kei.re.kr](http://www.kei.re.kr))에서 보실 수 있습니다.