

연구보고서 99-16

# 화석연료부담금이 산업구조에 미치는 영향

康允榮



Copyright(o) 1999. KEEI

# 목 차

## I. 서 론

## II. 주요국가의 에너지·탄소세

1. 일반적인 특징
2. 에너지·탄소세의 도입 현황
  - 가. 덴마크
  - 나. 핀란드
  - 다. 네덜란드
  - 라. 스웨덴
  - 마. 노르웨이
3. 시사점
  - 가. 북구국가 중심으로 도입된 탄소세
  - 나. CO<sub>2</sub> 배출 안정화에 필요한 고액 탄소세
  - 다. 일반재원 확보를 중요시한 탄소세

## III. 다 산업부문 동태적 일반균형모형

1. 개요
2. 생산
  - 가. 산업분류
  - 나. 생산구조
  - 다. 단위가격(비용)함수 (제로 이윤조건)
  - 라. 중간투입요소와 본원적 투입요소에 대한 수요
  - 마. 본원적 요소의 공급과 자본의 유동성
3. 최종수요
  - 가. 가계
  - 나. 정부
  - 다. 해외 부문
    - 1) 변형된 소규모 개방경제 가정
    - 2) 무역수지
4. 매크로-크로저 법칙
5. 균형
6. 동태화
  - 가. 자본축적
  - 나. 노동 성장
7. 환경

- 가. 이산화탄소 배출 제약식
- 나. 정책수단
  - 1) 에너지탄소세
  - 2) 에너지열량세
  - 3) 에너지중가세

#### IV. 일반균형모형의 연산화

- 1. 사회회계행렬과 자료
  - 가. 사회회계행렬의 기본 개념
  - 나. 사회회계행렬의 수치화
  - 다. 자료
- 2. 모수 추정
- 3. 캘리브레이션
- 4. 기준안
  - 가. 경제
  - 나. 에너지 수요 구성
  - 다. 이산화탄소 배출

#### V. 정책실험

- 1. 정책수단이 산업에 미치는 영향
  - 가. 에너지탄소세가 산업에 미치는 영향
  - 나. 에너지열량세가 산업에 미치는 영향
  - 다. 에너지중가세가 산업에 미치는 영향
  - 라. 직접규제가 산업에 미치는 영향
- 2. 안정화정책목표가 산업에 미치는 영향
- 3. 세수입 활용정책이 산업에 미치는 영향

#### VI. 요약 및 결론

- 1. 정책수단이 산업에 미치는 영향
- 2. 정책목표가 산업에 미치는 영향
- 3. 세수입 활용정책이 산업에 미치는 영향

참고문헌

## 표 목 차

- <표 III-1> 모수 및 변수의 정의
- <표 III-2> KEED 모형의 산업분류
  
- <표 IV-1> 1990년 한국의 사회회계행렬
- <표 IV-2> 사회회계행렬의 생산활동부문
- <표 IV-3> 모수 및 외생변수
- <표 IV-4> 레온티에프함수의 투입산출계수 ( $a_{ij}$ )
- <표 IV-5> 기준안
- <표 IV-6> 기준안의 화석연료 수요 및 비중
- <표 IV-7> 이산화탄소 배출량 (기준안)
  
- <표 V-1> 정책수단에 따른 1990년 안정화의 영향
- <표 V-2> 정책목표에 따른 산업별 에너지탄소세의 경제적 영향분석
- <표 V-3> 세수입 사용방법에 따른 산업별 영향

## 그림목차

- [그림 III-1] 일반균형모형(KEED)의 생산구조
  
- [그림 IV-1] 2010년의 소비자가격 변화율
- [그림 IV-2] 에너지원별 수요 구성(기준안)
- [그림 IV-3] 산업부문별 이산화탄소 배출량 구성
  
- [그림 V-1] 에너지탄소세가 재화의 소비자가격에 미친 영향
- [그림 V-2] 에너지탄소세가 산업별 생산에 미친 영향
- [그림 V-3] 에너지탄소세가 산업별 화석연료수요에 미친 영향
- [그림 V-4] 에너지열량세가 재화의 소비자가격에 미친 영향
- [그림 V-5] 에너지열량세가 산업별 생산에 미치는 영향
- [그림 V-6] 에너지열량세가 산업별 화석연료수요에 미친 영향
- [그림 V-7] 에너지중가세가 재화의 소비자가격에 미친 영향
- [그림 V-8] 에너지중가세가 산업별 생산에 미친 영향
- [그림 V-9] 에너지중가세가 산업별 화석연료수요에 미친 영향
- [그림 V-10] 직접규제가 재화의 소비자가격에 미친 영향
- [그림 V-11] 직접규제가 산업별 생산에 미친 영향
- [그림 V-12] 직접규제가 산업별 화석연료수요에 미친 영향
- [그림 V-13] 정책목표에 따른 재화의 소비자가격에 미친 영향
- [그림 V-14] 정책목표에 따른 산업별 생산에 미친 영향
- [그림 V-15] 안정화 정책목표에 따른 산업별 에너지 수요변화
- [그림 V-16] 일반예산 편입정책의 2010년의 재화별 가격 변화
- [그림 V-17] 일반예산 편입정책의 산업별 생산량 변화
- [그림 V-18] 일반예산 편입정책의 산업별 화석에너지 수요변화

## 요 약

1992년 6월 리우 유엔환경개발회의에서 온실가스 배출 감축을 위한 「기후변화협약」이 154개국에 의해 채택되어, 1994년 3월 21일에 발효되었고, 1997년 12월에 일본 교토에서 개최된 제3차 당사국총회에서 『교토의정서』가 채택되었으며, 1998년 11월 부에노스 아이레스에서 개최된 제4차 당사국총회에서는 『부에노스 아이레스 행동계획』이 채택되었다.

한편, 우리 나라는 제3차 당사국총회에서 교토의정서의 의무대상국에서 제외되었으나, 선진국과 같이 2008년부터 자발적으로 감축의무를 우리 나라가 부담하여 줄 것을 요망하고 있다. 이에 본 연구는 우리 나라가 어느 시점에서 어느 정도의 의무를 부담할 수 있는가를 정확히 인식하기 위해 온실가스 배출억제를 위한 화석연료부담금의 부과가 산업에 미치는 과급효과를 분석하는 것을 목적으로 하고 있다.

이를 위해 화석연료부담금을 부과하고 있는 국가의 현황과 문제점을 분석하였으며, 이산화탄소의 배출, 에너지의 사용과 거시경제 및 각 산업 부문간의 상호작용을 분석하고, 이산화탄소 배출 억제를 목적으로하는 환경정책에 따른 경제적 영향을 계량화하기 위해서 한국 경제의 다 산업부문 동태적 일반균형 모형을 개발하였다. 이 모형을 사용하여 1990년부터 2010년까지의 우리 나라의 경제를 예측하고 그를 기준으로 정책모의 실험을 하였다.

본 연구에서 수행한 세 종류의 정책실험은 이산화탄소 배출억제를 위한 정책수단, 정책목표, 조세수단의 세수입의 활용에 따라 이산화탄소 배출 억제가 우리 나라의 산업에 미치는 효과를 분석하는 것이다.

첫 번째 정책실험으로 2010년까지 이산화탄소 배출수준을 1990년 수준으로 안정화시키기 위해 에너지탄소세, 에너지열량세, 에너지중가세와 직접규제와 같은 정책수단의 사용이 산업에 미치는 효과를 분석하였다. 두 번째 정책실험으로 에너지탄소세를 부과하여 2010년까지 이산화탄소 배출수준을 1990년 수준, 1995년 수준, 2000년 수준으로 안정화시키는 이산화탄소 배출감축 정도가 산업에 미치는 영향을 분석하였다. 세 번째 정책 실험은 세수입 사용방법에 관한 것으로 에너지탄소세를 부과하여 '1990년 안정화' 목표로 달성하는 데 있어서 에너지탄소세의 수입을 정부지출로 사용하는 일반예산 편입정책과 총괄적이고 중립적인 형태로 가계에 이전하는 가계이전정책이 산업에 미치는 영향을 분석하였다.

분석결과 에너지탄소세를 비롯한 조세수단이 개별산업에 미치는 과급효과는 산업부문별로 큰 차이가 난다. 즉, 다른 산업에 비해 에너지 산업이나 에너지다소비산업 (기초화학산업, 운송 및 보관업, 철강산업, 건설업)의 생산감소가 상당히 크다. 그 결과 산업구조가 에너지저소비산업구조로 전환될 것이다. 그러나 산업별 생산감소, 즉 산업간에 경제적 부담의 현격한 차이는 산업간에 형평성의 문제를 야기시킬 소지가 있어 에너지탄소세를 도입할 때 특히, 도입초기에는 이들 산업에 대해서는 어느 정도의 배려가 필요할 것이다. 또한 향후 산업간의 형평성 문제를 완화할 수 있는 세율 차별화, 조세환급 및 감면 등에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.

## I. 서론

1992년 6월 리우 유엔환경개발회의에서 온실가스 배출 감축을 위한 「기후변화협약 (Framework Convention on Climate Change)」이 154개국에 의해 채택되어, 1994년 3월 21일에 발효되었다. 또한 1997년 12월에 일본 교토에서 개최된 제3차 당사국총회에서 선진국의 온실가스 감축목표를 주요 내용으로 하는 『교토의정서(Kyoto Protocol)』가 채택되었으며, 1998년 11월 부에노스 아이레스에서 개최된 제4차 당사국총회에서는 공동이행제도, 청정개발체제, 배출권거래제 등 교토메카니즘 운용과 관련한 구체적인 작업을 2000년까지 완료한다는 『부에노스 아이레스 행동계획(Buenos Aires Plan of Action)』이 채택되었다.

한편, 제3차 당사국총회에서 우리 나라는 기후변화협약에는 개발도상국으로 분류되어 교토의정서의 의무대상국에서 제외되었으나, 선진국들은 자국간 감축목표 합의를 명분으로 우리나라가 선진국과 같이 2008년부터 자발적 의무를 부담하여 줄 것을 요망하였고, 세계 제11위의 온실가스 배출국이며 신규 OECD 가입국으로서 우리의 경제적·사회적 능력범위 내에서 지구온난화방지를 위한 국제사회의 노력에 참여할 필요가 있다. 따라서, 본 보고서에서는 우리나라가 어느 시점에서 어느 정도의 의무를 부담할 수 있는가를 정확히 인식하기 위해서 의무부담에 따른 경제적 영향을 분석할 수 있는 다산업부문 동태적 일반균형모형을 개발하여, 의무부담 시나리오별 온실가스 배출억제가 개별산업에 미치는 파급효과를 분석하고자 한다.

본 보고서의 구성은 다음과 같다. 제2장은 화석연료부담금제를 도입한 국가들의 현황 및 문제점을 살펴보았다. 제3장은 이산화탄소의 배출, 에너지의 사용과 거시경제 및 각 산업 부문간의 상호작용을 분석하고, 이산화탄소 배출 억제를 목적으로 하는 환경정책에 따른 경제적 영향을 계량화하기 위해서 한국 경제의 다 산업부문 동태적 일반균형 모형을 개발하였다. 제4장은 이 동태적 일반균형모형을 연산화하고, 정책모의 실험을 하기 위한 기준으로 이 모형을 사용하여 1990년부터 2010년까지의 우리나라의 경제를 예측하였다. 제5장은 세 종류의 정책실험으로 이산화탄소 배출억제를 위한 정책수단, 정책목표, 조세수단의 세수입의 활용에 따라 이산화탄소 배출 억제가 우리나라의 산업에 미치는 효과를 분석하였다. 제6장에서는 정책실험의 결과를 요약하고 향후 연구방향을 제시하였다.

## II. 주요국가의 에너지 · 탄소세

### 1. 일반적인 특징

탄소세(carbon tax)는 화석에너지의 탄소함유량당 세금을 부과하여, 직접적으로 이산화탄소 배출을 저감시키고 간접적으로 에너지소비감소를 유도하는 것이고, 에너지세(energy tax 또는 BTU tax)는 에너지의 발열량당 세금을 부과하여 직접적으로 에너지소비를 감소시키고 간접적으로 이산화탄소 배출의 저감을 유도하는 것이며, 에너지 · 탄소혼합세는 에너지세와 탄소세의 혼합형으로서, 에너지소비를 감소시키는 것과 이산화탄소 배출을 저감시키는 것을 동시에 유도하려는 것이다. 현재 덴마크, 노르웨이, 스웨덴은 탄소세를 시행하고 있고, 핀란드와 네덜란드는 에너지 · 탄소혼합세를 시행하고 있다. 에너지와 관련된 CO<sub>2</sub> 배출 감축을 위하여 교토의정서 부속서 1국가에서 논의 또는 북유럽 5개국에서 도입된 탄소세의 일반적 특징은 다음과 같다.

첫째, CO<sub>2</sub> 배출을 초래하는 모든 에너지 사용에 대해 일률적으로 적용되고 있는 탄소세제는 현재 존재하지 않는다. 둘째, 에너지 다 소비 산업이나 국제적으로 경쟁이 첨예한 산업에는 예외가 인정되고, 전력산업 및 무역비중이 높은 산업은 특별히 취급된다. 셋째 CO<sub>2</sub> 배출을 억제하기 위한 정책의지가 확고하다는 것을 보여주기 위해 도입하였으며, CO<sub>2</sub> 배출을 효율적으로 감축하고 추가적인 세부담을 최소화하기 위하여, 기존의 에너지와 관련된 세를 대체하여 부과된다. 넷째, CO<sub>2</sub> 배출 감축목표를 달성하기 위한 여러 정책수단 중의 하나로 사용되며, 에너지 사용자의 유형에 따라 다양하게 적용된다. 다섯째, 탄소세부과에 따른 에너지 가격의 상승이 경제에 미치는 부정적인 영향을 최소화하기 위해 적응기간을 두고, 점진적으로 도입하고, 모든 에너지원과 에너지사용자에게 동일한 세율로 과세하기보다는 에너지원 및 에너지 사용자의 특성을 고려하여 다양한 세율을 적용하고, 세율은 인플레이션을 고려하여 실질세율을 유지할 수 있게 상황에 따라 조정하고 있다. 여섯째 기존의 왜곡이 심한 근로소득 또는 자본소득에 대한 세제 개편과 구조적인 재정 문제를 해결하기 위한 전반적인 재정(조세체계) 개혁의 일부로써 시행되고 있다.

### 2. 에너지 · 탄소세의 도입 현황

#### 가. 덴마크

덴마크는 탄소세수의 상당부분을 국내의 에너지 · CO<sub>2</sub> 대책을 위한 목적으로 사용하려는 목적으로 탄소세를 도입하였다. 그러나 도입시 가솔린의 과세대상 제외조치, 산업에 대한 경감조치, 일반가정용에 대한 탄소세와 에너지세의 상쇄조치 등을 고려하면 Net로 따져 효과가 큰 탄소세를 시행하고 있는 것은 아니어서 탄소세 도입목표는 가격효과에 의한 직접효과보다 오히려 세수를 특정대책의 보조금으로 돌리려는 것이다. 덴마크에서 부과되는 탄소세의 세율과 탄소세율을 살펴보면 다음과 같다. 가계부문의 에너지 소비세는 1977년에 도입되었으며 석유가격 하락 효과를 상쇄하기 위하여 1986년에 세율이 대폭 인상되었다. 동 조세는 연료의 에너지량에 따라 부과되었으나, 석탄에는 예외적으로 낮은 세율이 적용되었다. 1992년 5월 에너지제품을 대상으로 탄소세가 도입되었다. 덴마크는 당초 1992년 3월부터 탄소세를 시행할 예정이었으나, EC위원회가 덴마크의 탄소세 도입으로 기업에 대해 교부되는 조성금이 EC내의 자유경쟁에 장애가 될 것을 우려하였기 때문에 EC위원회의 덴마크의 탄소세 도입안에 대한 검토 승인 후인 1992년 5월부터 실시하게 되었다. 가계부문의 에너지세는 탄소세로 전환되었으며, 탄소세율은 100DKr (1998년 4월 기준으로 198원/DKr)이고 1994년 환율로 환산하면 14.9 US \$/tCO<sub>2</sub> (54US \$/tC)이다. 기업부문은 그때까지 면제되었던 산업용 연료소비에 대해 1993년 1월부터 50%의 세액 환급(reimbursement)과 함께 탄소세가 적용되었다.

탄소세는 가솔린과 천연가스를 제외한 모든 화석연료와 전력에도 과세되었다. 덴마크는

1970년대부터 1980년대에 걸쳐 재정적자를 감소시키기 위해 노력해 왔기 때문에 가솔린이나 전력소비에 대해 높은 세율을 부과하여 왔으나, 1980년대 말부터 재정 수지가 어느 정도 개선되어 가솔린세율을 낮추기 시작하였고, 탄소세의 도입에도 불구하고 가솔린에 대해서는 탄소세를 부과하지 않았다.

1996년에 아래와 같은 세 가지 세액체제로 구성된 보다 광범위한 탄소세제가 도입되었다. 중화학산업(또는 국제 경쟁이 심한 산업)은 1996년부터 2000년 기간 중에 탄소세율을 CO<sub>2</sub> 톤당 5DK에서 25DK(3.7US\$/CO<sub>2</sub>)로 증가할 예정이다. 만약 기업이 에너지효율 향상을 위한 자발적 협정(Voluntary agreement)에 참여하여 성공했을 경우, 유효세율은 CO<sub>2</sub> 톤당 3DK가 될 것이다. 경공업(위의 산업에 포함되지 않는 모든 산업)은 1996년부터 2000년까지의 기간 중에 탄소세율이 CO<sub>2</sub> 톤당 50DK에서 90DK(13.4US\$/CO<sub>2</sub> 톤)으로 인상될 예정이고 에너지 효율 향상을 위한 자발적 협정에 참여하여 성공하면 2000년의 유효세율은 CO<sub>2</sub> 톤당 68DK가 될 것이다. 난방용 에너지의 세율은 CO<sub>2</sub> 톤당 200DK에서 600DK(89US\$/tCO<sub>2</sub>)로 인상될 예정이며, 동 세율은 1996년 가계부문의 탄소세와 에너지세의 합과 비슷할 것이다. 휘발유에 대해서는 이미 높은 세금이 부과되고 있기 때문에 탄소세 부과가 면제되나, 경유는 휘발유만큼 세금이 부과되고 있지 않으므로 탄소세가 적용되었다.

덴마크에서의 탄소세수입 사용방법을 살펴보면, 각 산업부문에서의 탄소세수입은 전액 그 산업부문을 위해 사용된다. 고용자의 사회보장 부담분의 감액을 위해서 사용되며, 3년후 가장 큰 세수입의 사용항목이 된다. 에너지 효율향상을 위한 투자장려금(Grant)으로 사용되며, 4년 동안 이용이 가능하다. 사회보장 부담분을 통한 세수의 재사용 혜택을 제한적으로 받는 소규모사업자를 위한 기금으로 사용된다. 에너지 효율향상을 위한 투자장려금 지급은 사업단위로 행하여지며, 사업의 최초지출액의 30%까지 지급이 가능하다. 투자장려금 지급기준은 해당 사업의 경제성 존재 여부가 아니라, 사업의 추진 목적이 실제로 에너지절약에 있는지의 여부에 달려있다.

덴마크의 탄소세 부과와 관련하여 탄소세의 감면(exemption)사례를 살펴보면, 산업부문의 경쟁력 확보를 위해 동 부문에 에너지/탄소세를 면제해 준다. 세금 환불 기준은 부가가치 대비 탄소세 납부액의 비율로 탄소세 납부액이 부가가치의 1%를 초과하는 경우에는 점증적인 세금 환불을 실시한다. 초과 수준이 1~2%인 경우 1%를 초과하는 금액의 50%, 2~3%인 경우에는 2%를 초과하는 금액의 90%를 환불한다.

에너지진단(energy audits)에 대해 보조금이 지급되고, 에너지 효율 향상을 위한 권고사항이 이행되었을 경우 소위 이산화탄소 보조금(CO<sub>2</sub> subsidy)이라 불리는 세금 환불이 이루어진다.

"중공업(heavy industry)"의 탄소세율은 낮다. 여기서의 중공업은 에너지 집약적인 산업이나 경쟁적 시장에서 활동하는 산업을 의미하며, 이러한 산업들은 단일한 기준으로 결정되는 것이 아니라 협상을 통해 선정된다. 중공업들과 부가가치대비 탄소세가 3%를 초과하는 산업은 자발적 협정(voluntary agreement)에 참여할 자격이 주어지고, 자발적 협정을 성공적으로 이행하였을 때는 세금환불이 주어진다.

국제교역상의 이유 때문에 전력은 탄소세를 면제받았고, 세금을 면제받는 석탄의 소비증가를 억제하는 대신 천연가스 소비를 촉진하기 위한 보조금이 도입되었다.

#### 나. 핀란드

핀란드는 1990년 1월에 화석연료를 대상으로 한 탄소 관련세 및 수송용 연료 대상의 환경세를 세제개혁시 소득세 감세에 따른 세수감소 보전책의 한 수단으로 도입했는데 도입시키는 가장 빠르다. 핀란드는 CO<sub>2</sub> 톤당 6.7MK(US\$1.2)의 탄소세를 도입하였으며 1993년에는 탄소세율이 50MK에 이르렀다. 핀란드에서는 탄소세 부과로 인해 전력, 경유 및 천연가스 가격은 1~2%가 상승했고, 석탄, 휘발유, 중유가격은 5~8%가 상승했으며, 디젤가격은 10%가 상승했다.

현재 탄소세제는 탄소 함유량 및 에너지량에 대한 과세를 혼합하고 있고 에너지와 관련된 세 수입의 60%는 탄소세 수입에서, 40%는 에너지세 수입으로 이루어져 있으며 에너지세는 목재, 풍력, 폐에너지원을 제외한 모든 1차 에너지원에 부과된다. 1995년 현재 탄소세 부분



은 CO<sub>2</sub> 톤당 38.3MK (US\$ 6.8 ; US\$25/tC)이고 에너지세 부분은 MK3.5/Mwh(US\$ 0.62)이다.

핀란드는 탄소세의 수입이 일반 예산에 편입되어 사용되어지고 있다. 핀란드의 산업들은 덴마크처럼 세금혜택을 많이 받지 못하고 있다. 그 이유는 현재의 에너지·탄소혼합세의 세율이 낮기 때문에 정부에서는 에너지·탄소혼합세를 면제해 줄 필요를 못 느끼기 때문이다. 다만 산업생산에 투입된 원재료나 항공, 해상운송에 쓰인 에너지에 대해서는 예외적으로 세금을 감면해주고 있다. 핀란드는 수입 전력에 대해서는 세금을 부과하는 것이 불가능하기 때문에 국내 전력산업의 경쟁력을 제고하기 위하여 국내에서 생산되는 전력에 투입되는 연료에 대해서는 세금을 철폐할 계획이다.

#### 다. 네덜란드

네덜란드는 에너지·탄소혼합세가 시행되고 있다. 환경대책(지구 온난화, 산성화, 폐기물처리, 소음 등) 실시를 위한 재원확보를 목적으로 에너지(열량)세는 1988년에 도입되었고, 탄소세는 1990년 2월에 일반 연료세를 1.5배 증세함과 동시에 연료세의 일부로써 부가하는 것으로 도입되었다. 1992년에 세액이 크게 높아졌고, 1992년 7월부터 에너지·탄소혼합세의 수입이 일반재정으로 편입되었으며 에너지 및 탄소함유량에 기초하여 50:50의 비율로 부과되고, 전력 생산에 사용된 우라늄에도 전년도 에너지 소비량을 기준으로 적용되고 있다. 고급 휘발유는 리터당 가격 2길더(Dfℓ) 중 전체세금이 1,565길더(Dfℓ)이고 환경세율은 0.0251길더(Dfℓ)이다. 산업용 경유는 천리터당 세율은 142.7길더(Dfℓ)이며 그중 환경세는 27.5길더(Dfℓ)이고 그 가격은 500길더(Dfℓ)로 환경세로 인한 가격 인상효과는 약 5%정도다. 현재 세율은 에너지열량단위(gigajoule)당 0.3906길더(Dfℓ)이고 CO<sub>2</sub> 톤당 5.16길더(Dfℓ)이다. 이는 원유배럴당 US 3달러 정도이고, 에너지 및 탄소함유량에 50:50 비율로 부과한 것이다.

이산화탄소 배출량 감축 목표를 달성하기 위하여 1996년 1월 1일부터 소규모 소비자에게도 에너지 규제세(energy regulatory tax)가 도입되었다. 동 세는 국제적 경쟁이 심한 산업에 일방적으로 부과되던 에너지세의 경제적 부담을 완화할 수 있도록 설계되었다. 동 세는 년 17만m<sup>3</sup> 이하의 천연가스, 년 5만Kwh 이하의 전력소비, 천연가스 년 17만 17만m<sup>3</sup> 와 동등한 수준의 석유제품(가정용 난방유, 경질유, 비수송용 LPG, 부탄 및 프로판)소비에 부과된다.

에너지 규제세는 가계 및 기업의 가스 및 전력사용에 적용되며, 적용대상 에너지소비량은 비수송용 및 비원료용 에너지소비의 약 40%에 해당된다. 에너지 규제세의 부과로 인한 가격상승 효과는 가스가 20-25%, 전력은 약 15%가 될 것이다.

네덜란드는 환경세의 수입이 일반 예산에 편입된다. 새로운 에너지 규제세의 수입은 가계나 기업의 직접세 부담을 줄이는데 사용된다. 정부는 에너지 규제세의 수입을 다음의 세 가지 개인소득세 조정방법을 통해 가계에 이전한다. 가계에 이전되는 에너지 규제세 수입의 67%는 제1종 소득계층(first income bracket)의 세율을 인하하여, 32%는 면세점(tax free allowance)을 80길더(Dfℓ)만큼 상승시켜서, 1%는 노인(senior citizen)의 표준공제액을 100길더(Dfℓ)만큼 인상함으로써 가계에 이전했다. 또한 기업에게 이전되는 에너지 규제세 수입의 57%는 고용주의 사회보장 부담금 부담율을 0.19%p 낮추는데, 25%는 소규모 사업자의 표준공제액을 1,300길더(Dfℓ)만큼 인상하는데 각각 사용되었으며, 나머지 18%는 최초 10만길더(Dfℓ)의 이윤에 대한 법인세를 3%p 낮추는데 사용되었다.

에너지·탄소혼합세 및 에너지 규제세 수입은 네덜란드 총 세수입의 2.5%를 차지한다. 환경세수입은 1995년에는 13.5억 길더(Dfℓ)가 더 늘어났으며, 1998년 이후는 에너지 규제세에 의한 부가가치세 수입 증가분을 포함하여 에너지 규제세의 수입은 21.0억 길더(Dfℓ)가 늘어날 것으로 예상된다.

네덜란드에서는 다양한 면제제도들(Exemptions)이 에너지사용 수준에 기초하여 가정과 산업부문에 적용되고 있으나, 이러한 제도들은 용도별, 산업별로 정의되어있지는 않다. 대규모 천연가스 사용자의 경우, 1천만 m<sup>3</sup>를 초과한 천연가스 소비량에 대해서는 소비단위(gigajoule)당 0.39길더(Dfℓ) 대신 0.16길더(Dfℓ)의 낮은 세액이 부과된다. 1992년 기준으로 residual fuel<sup>1)</sup>에 대한 에너지세는 면제되었으나, 탄소세는 여전히 적용되었다. 만약 면제혜택이 없었을 경우 동 연료의 가격은 5배 까지 인상되었을 것이다. 이후 생산된 지역에서 소비

되는 residual fuel에 대해서 세금 감면혜택이 강화되었으며(1994년), 1999년 1월부터는 동 연료에 대한 세금은 완전 면제될 전망이다. 이러한 세금감면에 의해 증가된 기업재정은 에너지 절약에 대한 투자를 촉진시킬 것이라고 의회에서 강조되었다.

에너지 규제제는 여러 형태의 면제규정을 포함하고 있다. 우선 세제의 환경적 효율성 증가를 목적으로 지역난방이나 발전용 천연가스에는 세금을 면제한다. 두 번째로 소규모 에너지 소비에 대해 부과되는 동 세제는 정의상 일정규모 이상의 에너지소비에 대해서는 적용되지 않는다. 또한 최저 에너지소비계층에도 부과가 면제된다(가스 800m<sup>3</sup>, 전력 800 kWh이하). 동 비과세는 저소득층의 세 부담을 완화하는 역할을 한다. 현재 가스 소비자의 6%, 전력 소비자의 5~10%가 면제 대상이다.

#### 라. 스웨덴

스웨덴은 에너지, 환경세로부터 세수를 확보하면서 자국의 산업을 보호하는 경제정책을 채택하고 있다. 과세의 중심이 산업부문에서 타부문으로 이동되었는데, 민생부문의 에너지는 수력·원자력 발전에 의한 전력이 중심이고 실제로 탄소세의 부담은 그다지 무겁지 않아 탄소세는 수송부문의 화석연료 소비를 겨냥한 색채를 띠고 있다.

스웨덴은 1990년 전반적인 조세개혁의 일환으로 에너지에 대한 탄소세 및 부가가치세를 도입하고 기존의 에너지세율을 인하하였다. 석유, 석탄, 천연가스, LPG, 휘발유 및 국내항공에 사용된 연료에 CO<sub>2</sub> 톤당 Skr. 250의 탄소세가 부과되었고, 예외적으로 발전용 연료에는 탄소세 부과가 면제되었다. 탄소세가 도입됨에 따라 화석연료에 대한 일반 에너지세의 수입은 25~50%가 감소되었음에도 불구하고 전체 에너지와 관련된 세수입은 Skr. 30억이 증가되었다.

1993년에 스웨덴은 탄소세의 세율을 인상했지만 산업부문에서는 탄소세의 세율을 25% 인하하였으며, 기존에 시행되던 에너지세도 폐지하였다. 1993년에 시행된 조세개혁으로 산업용 에너지에 대한 세부담은 1991년 탄소세가 도입되기 전보다도 경감되었다. 이것은 탄소세를 도입하고 있는 다른 북구제국이 자국산업에 대해 경감조치를 실시하고 있는 것에 따른 것이다.

산업부문에 부과되는 탄소세는 CO<sub>2</sub> 톤당 Skr. 92.5에서 Skr. 185로 세율을 올릴 예정이며, 서비스업이나 가계부문은 현재의 Skr 370 (CO<sub>2</sub> 톤당 US\$ 48 or 탄소톤당 US\$ 176. 1994년 환율)을 유지할 것이다.

탄소세제는 CO<sub>2</sub> 배출감축 유인효과를 지속적으로 유지하기 위해 인플레이션에 탄력적으로 조정하여 실질탄소세율을 유지할 계획이다.

스웨덴은 개인소득세의 인하와 부가가치세 인상을 포함한 전반적인 조세개혁의 결과로서 가계와 법인에 대한 직접세 비중은 1989년의 GDP의 25.3%에서 1991년에는 GDP의 21.3%로 줄어들었다. 1993년의 탄소세의 수입은 Skr. 103억이며, 이는 총 조세수입의 2.5%에 해당된다. 기타 에너지세 수입은 Skr. 360억에 달한다.

스웨덴은 전력산업과 산업용 소비에 대해서는 탄소세를 면제하고 있다. 개별 기업이 납부하는 에너지세에는 납부총액에 대한 상한이 있으며, 그 상한은 1991년에는 기업 생산액의 1.7%, 1992-1994년 기간에는 1.2% 이었으나, 1995년 1월부터 동 제한이 폐지되었다. 스웨덴에서도 덴마크와 마찬가지로 이와 같은 면제제도 때문에 세금회피문제가 일어난다. 즉 기업은 에너지 집약적인 활동을 격리함으로써 세금을 면제받을 수 있게 되는 것이다. 세금회피 문제와는 별도로 현재의 탄소세의 면제는 산업 기준이 아니라 기업을 기준으로 주어지고 있어서 매년 면제대상이 정부에 의해 갱신되고 있다. 이는 비실용적이고 비용이 많이 드는 단점이 있다.

발전(發電)산업은 탄소세를 면제받는다. 스웨덴 정부는 전력에 탄소세를 부과하는 방안과 발전산업에 대한 새로운 세금제도를 연구하였으나, 과세되지 않은 전력이 수입될 경우 국내 발전산업의 경쟁력 약화에 대한 문제가 제기되었다. 재생가능한 에너지원인 바이오매스(biomass)를 발전에 사용하는 것에 대해서는 탄소세나 에너지세를 부과하지 않으며, 바이오매스 사용을 유도할 목적으로 보조금을 지급하고 있다.

#### 마. 노르웨이

노르웨이는 직접세인 소득세를 감세하여 간접세와 강화를 꾀하는 전체적인 조세개혁의 일부로써 탄소세가 도입되었다. 또한 탄소세의 도입은 에너지 가격의 상승에 의한 에너지 절약 효과도 노리고 있다. 노르웨이는 1991년 1월 1일에 CO<sub>2</sub> 톤당 US\$ 40.1(US\$ 147/tC)의 탄소세를 휘발유에 부과하기 시작했으며, 이후 부과 대상은 경유, 석유제품 및 북해의 탐사활동에 소비되는 석유·가스에까지 확대하였다.

1996년 현재 부과되고 있는 탄소세율은 CO<sub>2</sub> 톤당 코우크스의 17달러에서 북해 유전개발에 소비되는 석유 및 가스에 대한 55.6달러까지 다양한 세율이 적용되고 있으나 휘발유와 디젤에 부과되는 에너지관련세 239.6달러(CO<sub>2</sub> 톤당)와 176달러(CO<sub>2</sub> 톤당)에 비하면 상당히 낮은 수준이다. 석유제품(산업용 중유와 산업용 및 가정용 경유)의 경우 탄소세 부과와 함께 물품세율을 인하하여 1991년에서 1994년 기간 동안 제품가격은 안정적으로 유지되었다. 노르웨이에서 탄소세가 부과되는 대상은 모든 CO<sub>2</sub> 배출의 약 60%에 해당한다.

노르웨이는 탄소세 수입이 일반예산에 편입된다. 1993년의 탄소세 수입은 Nkr.50억 이상이며, 이는 노르웨이의 총 조세수입의 약 0.68%에 달한다.

노르웨이가 시행하는 탄소세의 부과대상은 에너지와 관련된 이산화탄소 배출의 60%에 해당된다. 탄소세의 감면대상을 보면 우선 내륙에서 소비되는 천연가스에는 탄소세가 면제되고, 석유정제업, 펄프, 제지산업, 수산업에는 세율의 50%가 감면되며, 석탄 및 코크스는 시멘트 산업에서 사용되거나, 화학약품·원료로 사용될 경우 면제된다. 과세의 감면정도를 결정하는 데에는 산업의 국제경쟁력이 가장 중요한 요소이다. 항공서비스업, 해운업, 원양어업, 북해의 원유공급 선박에는 세금이 면제된다. 동 산업은 타국에서 연료를 공급받을 수 있기 때문에 탄소세 부과가 에너지소비 행태에 영향을 주지 못하기 때문이다.

주석1) 로(blast furnace)에 사용되는 가스 및 기타 가스형태의 연료를 포함.

### 3. 시사점

#### 가. 북구국가 중심으로 도입된 탄소세

1990-1991년에 걸쳐 스웨덴, 노르웨이, 핀란드, 네덜란드로 일컫는 북구국가를 중심으로 탄소세의 도입이 잇따랐다. 덴마크도 EC와의 조정을 거쳐 1992년 5월에 탄소세 도입을 실시하였다. 북구국가 중심으로 이미 도입된 탄소세는 본래 탄소세가 갖는 지구환경보전이라는 이념과는 거리가 있고 국내의 복잡한 사정을 반영하고 있다.

첫째, 1993년에 들어서 한층 확실해지고 있는데 탄소세의 도입, 혹은 증세는 기존의 에너지세 대신으로 이루어지고 있어 어느 나라의 경우에도 Net로 그다지 큰 증세가 된 것이 아니라는 점이다. 따라서, 탄소세가 본래 노리고 있는 CO<sub>2</sub> 배출 억제에 어느 정도의 효과를 가질 것인가에 대해 의문이 있다.

둘째, 북구국가에서는 산업부문에 대한 탄소세의 경감과 수송부문, 민생부문에 대한 강화를 보다 명확히 한 이유가 있는데, 민생부문이 수력이나 원자력발전에 의한 전력소비가 중심이란 점을 고려하면, 탄소세는 수송부문의 에너지소비를 겨냥한 성격이 강하다는 것을 이해할 수 있다. 이러한 측면에서 탄소세는 지구환경보전과 지역환경보전 중 어느 쪽을 진짜 목적으로 하고 있는지 구별하기 어렵다.

셋째, 북구제국의 탄소세 도입은 일반세제 개혁과 깊은 관계를 가지고 있기 때문에 탄소세의 이념과는 관계없이 세수 변화에 따른 영향을 받기 쉬우며 세제개혁과 관련이 깊기 때문에 확실한 세수증립의 개념 아래 증세를 거부하고 감세를 시행하는 측면도 있으나, 환경이라는 명목을 이용하여 세수부족의 보전수단으로 하려는 움직임도 또한 부인할 수 없다. 예컨대, CO<sub>2</sub>배출의 안정화목표를 설정하기 전에 탄소세의 도입을 주장한 핀란드의 경우, 1993년부터 탄소세를 2배로 인상했는데, 경제악화에 따른 재정보전의 필요성이 증세의 배경에 깔려있다.

넷째, 탄소세를 도입한 어느 나라나 국내에 미치는 탄소세의 영향을 고려하고 있어, 국제적 협조라는 관점에서 탄소세 제도를 배려하고 있지 않다. 따라서, 이미 보아온 바와 같이 각 도입국의 특수성이 전면에 떠오르게 된다.

#### 나. CO<sub>2</sub> 배출 안정화에 필요한 고액 탄소세

탄소세에 기대한 본래의 효과는 가격상승에 의한 에너지절약이나 에너지 효율개선 및 상대 가격의 변화에 의한 연료전환이다. 이러한 효과가 한계에 도달할 경우에, 다시 탄소세를 강화하면 제3의 효과로써 에너지 가격의 상승이 경제활동을 둔화시켜 에너지소비가 감소되는 상황이 될 수 있다. 그러나 그 정도로 고액의 탄소세를 도입하여 경제를 압박하는 것은 너무 영향이 지나쳐 설득력을 가진 대책은 될 수 없을 것으로 보인다.

#### 다. 일반재원 확보를 중요시한 탄소세

북구국가의 탄소세 도입은 직접세를 경감하고 간접세를 강화한다는 일반적인 세제개혁의 흐름과 맞물려 실시되었다. 서구제국의 경우는 각종 세제에 의한 세수를 일반재원으로 편성하는 일이 많고 특정재원으로 하는 경우는 적다. 경제활동이 부진하여 다른 세수가 부족할 경우, 핀란드의 예에서 본 바와 같이, 환경보전을 명목으로 증세를 실시하여 재원을 보전하려는 움직임도 나올 수 있는 문제점이 있을 수 있다. 탄소세의 이념에서 벗어나, 재정상의 형편으로 증세를 실시함으로써, 적절한 제어장치도 생각하기 어렵게 되어 세제에 커다란 왜곡을 가져오는 요인이 될지도 모른다.

세수확보라는 관점에서 보면 탄소세에 의한 세수가 그다지 양호한 재원이라고 말하기는 곤란할 수 있다. 예컨대, 탄소세가 도입되어 CO<sub>2</sub> 배출이 안정화될 경우에는 과세대상이 된 CO<sub>2</sub> 배출이 일정량이 됨으로써 탄소세의 세율을 올리지 않는 한 세수를 예상할 수 없게 되기 때문이다. 그러나, CO<sub>2</sub> 배출 안정화가 달성되면 그 이상으로 탄소세율을 올려야 할 필연성은 없어진다. 따라서 탄소세수가 일반재원으로써 가지는 무게가 클수록 그와 같은 딜레마에 빠지게 된다.

탄소세는 이산화탄소 배출을 억제할 수 있는 비용효과적인 경제적 수단으로써 많은 장점을 가지고 있으나 앞에서 언급한 바와 같이 도입에는 다양한 문제점이 있을 수 있다. 어쨌든 탄소세라고 하는 경제적 수단이 현재 상황에서 설득력을 가진 대책이 될지 어떨지 국제적인 동향을 주시하고 국제적인 협조를 도모하면서, 기타의 수단도 포함하여 폭 넓은 각도에서 신중히 검토해 가는 것이 중요하다.

### Ⅲ. 다 산업부문 동태적 일반균형모형

이산화탄소의 배출, 에너지의 사용과 거시경제 및 각 산업 부문간의 상호작용을 분석하고, 이산화탄소 배출 억제를 목적으로 하는 환경정책에 따른 경제적 영향을 계량화하기 위해서 한국 경제의 다 산업부문 동태적 일반균형 모형을 개발 운영하였다. 이 모형을 한국의 경제-에너지-환경의 동태적 일반균형 통합모형 (Korea Economy energy Environment Dynamic general equilibrium model, 이하 KEED라고 함)으로 부르기로 한다.

모형을 동태화하지 않으면 서로 다른 정책 대안들의 동태적 특성을 분석할 수 없다. 따라서 이산화탄소 배출 억제정책, 재정정책 등 정부 정책이나 외부환경의 변화에 따른 중·장기 추세나 구조 변화를 분석하기 위해서는 동태적 모형이 필요하다. 본 연구에서 사용된 모형은 1990년 사회회계행렬을 바탕으로 거래가치 접근방법을 사용하여 구축하였고<sup>2)</sup>, 비선형 프로그래밍 소프트웨어인 겐스(Generalized Algebraic Modeling System; GAMS)<sup>3)</sup>의 Minos 5를 사용하여 해를 구하였다.

현재의 일반균형모형(KEED)은 기업의 투자결정에 관한 행태 방정식이 모형 내에 내생화되어 있지 않고, 금번기의 저축이 투자되어 다음 기에 생산재 자본의 축적을 통해 미래의 경제적 산출물에 영향을 주는 축차적 동태구조를 가지고 있다. 이 연구의 정책실험기간은 1990년부터 2010년까지의 20년 동안이며, 인구성장률 및 에너지 사용효율의 기술발전에 관한 지표는 모형 밖에서 외생적으로 주어진다. 이러한 모형의 축차적 구조 아래 시간의 흐름에 따른 경제의 발전 경로는 일년단위의 일시적 균형을 연속으로 표현된다. 본 장의 구조를 살펴보면, 우선 모형의 전체적 구조와 특징을 개략적으로 설명하고, 일반균형모형의 전체 방정식 체계를 구체적으로 요약한 다음에 생산부문, 최종수요부문, 매크로-크로저법칙, 균형조건, 모형의 동태화, 마지막으로 환경부문과 관련한 이산화탄소 배출제약식과 이산화탄소배출 억제를 위한 정책수단으로 나누어서 자세히 설명하기로 한다.

#### 1. 개요

본 연구에서 사용한 일반균형모형(KEED)은 한국의 소비자, 생산자, 생산요소 소유자 등 경제주체들의 경제 행위를 모형화한 것으로, 한국 경제의 국민소득, 재화의 상대가격, 산업의 생산수준, 생산요소의 분배 등이 경제주체들의 상호작용에 의해 내생적으로 결정된다. 한국 이외의 나머지 세계의 소득과 생산활동 수준, 재화의 국제가격들이 모형 외부에서 주어지며, 단지 한국과 나머지 세계와의 무역활동만 모형에서 내생적으로 결정된다. 본 일반균형모형(KEED)의 구조는 크게 일반 경제부분과 에너지 및 환경부분으로 나눌 수 있다. 일반경제부분을 모형의 일반적인 특성과 생산, 가격, 정부, 해외, 동태화 부분으로 나누어 요약하면 다음과 같다.

##### (1) 일반적 특성

- 축차적 동태모형: 전기의 균형점에서 노동, 자본 및 재화간의 상대가격체계에 따라 현재의 균형점으로 축차적으로 동태화한다.
- 두 지역: 한국과 나머지 세계전체로 구분한다.
- 일국가 일반균형모형: 한국을 제외한 나머지 세계는 모형에서 내생적으로 결정되지 않고 모형 밖에서 외생적으로 주어진다.
- 물가지수로 표시되는 상대가격체계이며, 환율은 중립적이다.

##### (2) 생산

- 생산함수는 규모의 수익불변(constant return to scale)기술을 가진 다단계 레온티에프-콕 다글라스-CES함수이다.
- 본원적 생산요소인 노동과 자본과 중간투입요소인 화석연료와 기타 재화를 투입재로 사용하는 18개의 산업부문이 18개의 재화를 생산하며, 한 개의 산업부문은 한 복합재화를 생산한다

- 노동과 자본은 균질한 생산요소이며, 각 산업부문간에 자유로운 이동이 가능하다.
- 노동과 자본의 복합재와 화석연료와의 대체가 가능하고, 화석연료간의 대체도 가능하며, 국내재와 수입재간에 대체가 가능하다

### (3) 가계

- 가계의 최종소비는 소득과 상대가격의 함수이다.
- 가계의 최종수요함수는 소비재, 에너지, 투자재를 포함한 18개 재화의 선형지수수요체계(Log-linear demand system)를 가지고 있다.
- 가계부문은 소득과 관계없이 소비행태가 같은 한 대표적 소비자를 가정하고 있다.
- 각 재화는 불완전대체탄력성(CES) 함수형태의 효용함수에 의해 국내재와 수입재가 분배된다.

### (4) 정부

- 정부지출은 예산제약 하에서 정부의 지출행태에 따라 행해진다.
- 정부예산은 직접세인 소득세, 간접세인 물품세, 수입 관세, 이산화탄소 배출 억제에 대한 에너지 관련세 등으로 이루어진다.

### (5) 해외

- 한국과 나머지 세계사이에 노동과 자본의 이동이 없다.
- 세계에서 생산되는 모든 재화의 가격은 외생적으로 주어진다.
- 작은 국가가정(Small country assumption)을 채택하고, 동일재화도 지역에 따라 생산재의 차이가 있다는 아밍턴가정(Amington assumption)을 채택하고 있다.
- 무역 불균형(무역적자 또는 무역흑자)을 나타내는 무역계정이 있다.

### (6) 동대화

- 민간 또는 정부의 투자에 의해 자본축적이 일어난다.
- 노동력의 증가는 외생적이다.
- 에너지 사용효율지표 등 추세변수를 포함하고 있다.

또한 본 모형의 일반경제부분에 대한 개략적인 설명에 이어 에너지 및 환경과 관련된 부분을 모형에서 다루고 있는 (1) 온실가스 및 화석 연료의 범위, (2) 공기오염물질의 배출, (3) 오염물질의 감소, (4) 오염물질을 억제하기 위한 정책수단에 관한 부분으로 나누어 요약하면 다음과 같다.

#### (1) 범위

- 지구온난화와 관련된 공기오염: 이산화탄소.
- 화석연료: 석탄, 석유, 가스.

#### (2) 공기오염물질의 배출

- 화석연료의 연소로 발생
- 오염물질의 중간재 사용, 생산, 소비수준에 일정비율로 발생.

#### (3) 오염물질의 감소

- 화석연료로부터 타 생산요소(노동, 자본)로의 대체.
- 오염물질 함유량이 많은 연료로부터 적은 연료로의 대체.
- 다 오염산업의 생산 감소.
- 에너지 사용의 효율증대.

#### (4) 오염물질을 억제하기 위한 정책수단

- 조세수단

- 에너지종가세: 각 화석연료의 화폐금액에 비례하여 부과하는 종가세
- 에너지열량세: 각 화석연료에 함유한 에너지열량에 부과하는 종량세
- 에너지탄소세: 각 화석연료에 함유한 탄소량에 부과하는 종량세
  - 배출기준 규제; 이산화탄소 배출기준을 설정하는 직접규제
- 경제전체에 걸친 배출기준 규제
- 산업별 배출기준 규제

본 연구에서 사용된 일반균형모형(KEED)의 중요한 특징 및 채택된 주요가정에 관한 것을 살펴보면, 우선 본 모형에는 환경, 에너지, 무역, 및 재정정책과 관련하여 사용할 수 있는 정책수단으로써 에너지탄소세, 에너지열량세, 에너지종가세, 수입관세, 재화의 간접세, 직접 소득세, 정부지출 등과 관련된 변수들이 포함되어 있다. 두 번째로는 CO<sub>2</sub> - 에너지-경제의 상호작용에 관한 것이다. 이산화탄소 배출감축 정책인 에너지 관련세의 부과로부터 야기되는 에너지가격의 상승은 경제가 잠재적 GDP성장을 완전히 달성하는 것을 막는다. 세 번째로는 비용효과적인 CO<sub>2</sub> 배출감축과 에너지 절약에 대한 것이다. 에너지의 상대가격 상승은 시장 기능을 통해 생산부문에 노동이나 자본으로의 대체를 유도하여 에너지 수요와 CO<sub>2</sub> 배출을 감소시킨다. 또한 경제구조의 변화는 단위 GDP당 에너지수요와 이산화탄소 배출량을 감소시킨다. 네 번째로 화석연료 상호간의 대체이다. 화석연료의 상대가격의 변화는 소비자나 생산자에게 석탄으로부터 석유나 가스로의 대체를 유인하며, 결과적으로 이산화탄소 배출량을 감소시킨다. 다섯 번째로 자본시장과 노동시장의 완전성에 대한 가정이다. 즉 자본 및 노동은 균질하고, 산업간에 비용없이 자유로이 이동되어 완전히 사용 또는 고용된다. 따라서 모형경제는 실업이 없는 완전고용경제이며, 자본재의 유희설비가 없는 경제이므로 모형경제에서의 경제성장은 잠재적 경제성장이다. 여섯 번째로 정부예산 및 경상수지의 불균형이 허용된다. 정부는 반드시 균형예산을 유지할 필요가 없고, 적자예산이나 흑자예산 등을 통해 정부지출의 확대 및 축소가 허용된다. 규제(정책적) 고정환율을 가정하여 산업부문의 무역불균형과 외국자본의 유출입을 통해 경상수지의 흑자나 적자가 허용된다.

본 연구에서 사용한 일반균형모형(KEED)의 목적함수, 생산요소수요 및 공급, 가격(비용), 가계 및 정부의 예산, 재화의 최종수요, CO<sub>2</sub>의 배출제약, 시장균형조건, 경상 및 예산계정에 관한 구체적인 방정식체계는 다음과 같다.

목적함수

$$(1) \text{Maximize } \sum_t GDP_t = \sum_i \sum_j (P_{ij} C_{ij,t})$$

$C_{ij,t}, V_{j,t}, Ex_{j,t}, M_{j,t}, D_{j,t}$  에 관해서

여기서,  $i, j = 1, 2, 18$ ; 18개 산업 및 재화,

$t = 0, 1, \dots, 20$ ; 1990, 1991, ....., 2010년

생산요소 수요

(2) j 산업의 i 중간재 수요

$$V_{it}^D = \sum_j X_{ij,t} = \sum_j \alpha_{ij} X_{jt}$$

(3) 복합 본원적 생산요소 수요

$$KL_{jt}^D = \frac{1}{\beta x_j} \left[ \delta \nu_j + (1 - \delta \nu) \left\{ \left( \frac{PKL_{jt}}{PE_{jt}} \right) \left( \frac{1 - \delta \nu_j}{\delta \nu_j} \right) \right\}^{-\frac{\rho \nu_j}{1 + \rho \nu_j}} \right]^{\frac{1}{\rho \nu_j}} KLE_{jt}$$

(4) 화석연료 중간재 수요

$$E_{jt}^D = \frac{1}{\beta x_j} \left[ \delta \nu_j \left\{ \left( \frac{PE_{jt}}{PKL_{jt}} \right) \left( \frac{\delta \nu_j}{1 - \delta \nu_j} \right) \right\}^{-\frac{\rho \nu_j}{1 + \rho \nu_j}} + (1 - \delta \nu_j) \right]^{\frac{1}{\rho \nu_j}} KLE_{jt}$$

(5) 자본수요

$$K_{jt}^D = \frac{1}{\beta \nu_j} \left[ \left( \frac{PL_{jt}}{PK_{jt}} \right) \left( \frac{\alpha_j}{1 - \alpha_j} \right) \right]^{1 - \alpha_j} KL_{jt}$$

(6) 노동수요

$$L_{jt}^D = \frac{1}{\beta \nu_j} \left[ \left( \frac{PK_{jt}}{PL_{jt}} \right) \left( \frac{1 - \alpha_j}{\alpha_j} \right) \right]^{\alpha_j} KL_{jt}$$

(7) 석탄 중간재수요

$$Eco_{jt}^D = \frac{1}{\beta e_j} \left[ \left( \frac{aco_j}{\alpha oi_j} \right) \left( \frac{PEoi_{jt}}{PEco_{jt}} \right) \right]^{\alpha oi_j} \left[ \left( \frac{aco_j}{1 - aco_j - \alpha oi_j} \right) \left( \frac{PEga_{jt}}{PEoi_{jt}} \right) \right]^{1 - \alpha oi_j - \alpha oi_j} E_{jt}$$

(8) 석유 중간재수요

$$Eoi_{jt}^D = \frac{1}{\beta e_j} \left[ \left( \frac{\alpha oi_j}{aco_j} \right) \left( \frac{PEco_{jt}}{PEoi_{jt}} \right) \right]^{\alpha oi_j} \left[ \left( \frac{\alpha oi_j}{1 - aco_j - \alpha oi_j} \right) \left( \frac{PEga_{jt}}{PEoi_{jt}} \right) \right]^{1 - \alpha oi_j - \alpha oi_j} E_{jt}$$

(9) 가스 중간재수요

$$Eco_{jt}^D = \frac{1}{\beta e_j} \left[ \left( \frac{1 - aco_j - \alpha oi_j}{\alpha oi_j} \right) \left( \frac{PEoi_{jt}}{PEga_{jt}} \right) \right]^{\alpha oi_j} \left[ \left( \frac{1 - aco_j - \alpha oi_j}{aco_j} \right) \left( \frac{PEco_{jt}}{PEga_{jt}} \right) \right]^{\alpha oi_j} E_{jt}$$

(10) j 산업의 i 국내재 및 수입재 중간수요



$$X_{ijt}^D = \frac{1}{\beta m_{ij}} \left[ \delta m_{ij} + (1 - \delta m_{ij}) \left\{ \left( \frac{PD_{it}}{PM_{it}} \right) \left( \frac{1 - \delta m_{ij}}{\delta m_{ij}} \right) \right\}^{-\frac{\rho m_{ij}}{1 + \rho m_{ij}}} \right]^{\frac{1}{\rho m_{ij}}} X_{ijt}$$

$$X_{ijt}^D = \frac{1}{\beta m_{ij}} \left[ \delta m_{ij} \left\{ \left( \frac{PM_{it}}{PD_{it}} \right) \left( \frac{\delta m_{ij}}{1 - \delta m_{ij}} \right) \right\}^{-\frac{\rho m_{ij}}{1 + \rho m_{ij}}} + (1 - \delta m_{ij}) \right]^{\frac{1}{\rho m_{ij}}} X_{ijt}$$

생산요소 공급

(11) 노동 성장

$$L_{t+1}^S = (1 + n)L_t^S, \quad L_0^S = \bar{L}_0$$

(12) 자본배분(산업별 자본비율이 고정된 경우)

$$K_{jt}^S = \tau_j K_t^S, \quad \sum_j \tau_j = 1$$

(13) 자본축적

$$K_{t+1}^S = I_t + [ (1 - \delta) K_t^S ], \quad \text{여기서, } K_0^S = \bar{K}_0$$

단위 비용(가격)함수

(14) 복합 생산요소가격

$$PKNE_{jt} = PKL_{jt} \left( \frac{KL_{jt}}{X_{jt}} \right) + PE_{jt} \left( \frac{E_{jt}}{X_{jt}} \right)$$

(15) 부가가치율

$$PKL_{jt} = PK_{jt} \left( \frac{K_{jt}}{X_{jt}} \right) + PL_{jt} \left( \frac{L_{jt}}{X_{jt}} \right)$$

(16) 화석연료가격

$$PE_{jt} = PEco_t \left( \frac{Eco_{jt}}{X_{jt}} \right) + PEoi_t \left( \frac{Eoi_{jt}}{X_{jt}} \right) + PEga_t \left( \frac{Ega_{jt}}{X_{jt}} \right)$$

(17) 재화의 단위비용(가격)

$$PD_{jt} = PKLE_{jt} + \sum_i a_{ij} P_{it} + td_{jt} PD_{jt}$$

가계 및 정부예산

(18) 명목 요소소득

$$NI_t = \sum_j (PL_{jt} L_{jt} + PK_{jt} K_{jt}) - r_t ER_t FB_{t-1}$$

(19) 명목가치분소득

$$DI_t = NI_t - tl_t \sum_j (PL_{jt} L_{jt}) + tk_t \sum_j (PK_{jt} K_{jt}) + TRG_t$$

(20) 가계예산

$$HB_t = DI_t + BS_t + TD_t$$

(21) 정부예산

$$GB_t = tl_t \sum_j (PL_{jt} L_{jt}) + tk_t \sum_j (PK_{jt} K_{jt}) + ER_t \sum_j (tm_{jt} PW_{jt} M_{jt}) \\ + \sum_j (td_{jt} PD_{jt} X_{jt}) + Ren_t - TRG_t$$

재화의 최종수요

(22) i 복합소비재 수요

$$C_{it} = \nu c_i \left( \frac{HB_t}{P_{it}} \right)$$

(23) 복합투자재수요

$$I_t = \frac{HB_t - \sum_i P_{it} C_{it}}{P I_t}$$

(24) 국내생산재 및 수입재 민간수요

$$C_{idt} = \frac{1}{\beta c_i} \left[ \delta c_i + (1 - \delta c_i) \left\{ \left( \frac{PD_{it}}{PM_{it}} \right) \left( \frac{1 - \delta c_i}{\delta c_i} \right) \right\}^{-\frac{\rho c_i}{1 + \rho c_i}} \right]^{\frac{1}{\rho c_i}} C_{it}$$

$$C_{it} = \frac{1}{\beta c_i} \left[ \delta c_i \left\{ \left( \frac{PM_{it}}{PD_{it}} \right) \left( \frac{\delta c_i}{1 - \delta c_i} \right) \right\}^{-\frac{\rho c_i}{1 + \rho c_i}} + (1 - \delta c_i) \right]^{\frac{1}{\rho c_i}} C_{it}$$

(25) 수출수요

(26) 정부수요

$$G_{it}^D = \nu g_i \left( \frac{GB_t}{PD_{it}} \right)$$

CO<sub>2</sub> 배출 제약

(27) 연료별, 산업별 이산화탄소 배출

$$CO_{hi}^D = \sum_j CO_{hjt} = \sum_j \omega_h E_{hjt} .$$
$$CO_{ji}^D = \sum_k CO_{hjt} = \sum_k \omega_h E_{hjt}$$

(28) 이산화탄소 총배출량

$$CO_i^D = \sum_j \sum_k CO_{hjt} = \sum_j \sum_k \omega_h E_{hjt} \leq \overline{CO}_i$$

가격(Prices)

(29) 물가수준

$$P_t = \frac{\sum_i [P_{it}(C_{it} + V_{it}) + PD_{it}G_{it}]}{\sum_i (C_{it} + V_{it} + G_{it})} .$$
$$P_{t+1} = (1 + \phi_t) P_t \quad P_0 = 1$$

(30) GDP 디플레이터

$$PGDP_t = \frac{\sum_i PD_{it} X_{it}}{\sum_i X_{it}}$$

(31) 복합재 가격

$$P_{it} = \frac{PD_{it}(D_{it} - G_{it}) + PM_{it}M_{it}}{D_{it} - G_{it} + M_{it}}$$

(32) 수입재 가격

$$PM_{it} = (1 + tm_{it})PW_i ER_t$$

(33) 수출재 가격

$$PWE_{it} = \frac{PD_{it}}{(1 + tex_{it})ER_t}$$

(34) 자본의 가중평균지대

$$PK_t = \frac{\sum_j PK_{jt}K_{jt}}{\sum_j K_{jt}}$$

(35) 노동의 가중평균임금

$$PL = \frac{\sum_j PL_{jt}L_{jt}}{\sum_j L_{jt}}$$

(36) 화석연료의 가중평균가격

$$PE = \frac{\sum_j PE_{jt}E_{jt}}{\sum_j E_{jt}}$$

시장균형조건

(37) 재화 시장

$$X_{it} = D_{it} + Ex_{it} = C_{it} + G_{it} + V_{it} + Ex_{it} - M_{it}$$

(38) 자본재 시장

$$\sum_j K_{jt}^S = K_t = \sum_j K_{jt}^D$$

그리고  $K_{jt}^S = K_{jt} = K_{jt}^D$  또는  $K_t^S = K_t \geq \sum_j K_{jt}^D$

(39) 노동 시장

$$L_t^S = (1 + n)^t \overline{L_0^S} \geq \sum_j L_{jt}^D$$

경상 및 예산계정

(40) 경상수지적자

$$TD_t = ER_T \sum_j (PW_{jt} M_{jt} - PWEx_{jt} Ex_{jt} + r_{t-1} FB_{t-1})$$

여기서,  $FB_0 = \overline{FB}$

(41) 정부예산흑자

$$BS_t = GB_t - \sum_j (PD_{jt} G_{jt})$$

모형에서 사용된 모든 모수와 변수들의 정의는 다음의 표와 같다.

<표Ⅲ-1> 모수 및 변수의 정의

모수	내 용
1. 모 수	
$vc_i$	가계의 $i$ 복합재의 최종수요계수
$vg_i$	정부의 $i$ 국내재의 최종지출계수
$\rho v_j$	에너지와 노동/자본의 복합생산요소간의 대체탄력성
$\rho c_i$	복합재간의 대체탄력성
$\rho m_{ij}$	중간재간의 대체탄력성
$\rho ex_i$	수출재와 국내재간의 전환탄력성
$\alpha_j$	부가가치함수에서의 부가가치 중 자본비중
$\alpha co_j$	화석연료집계함수에서의 화석연료 중 석탄비중
$\alpha oi_j$	화석연료집계함수에서의 화석연료 중 석유비중
$\alpha_{ij}$	고정 투입-산출계수
$\beta x_j$	총생산함수에서의 기술진보계수
$\beta v_j$	부가가치함수에서의 기술진보계수
$\beta e_j$	화석연료집계함수에서의 기술진보계수
$\beta c_i$	최종소비재의 아밍턴계수
$\beta m_{ij}$	중간생산재의 아밍턴계수
$\beta ex_i$	국내산출물의 아밍턴계수
$\delta v_j$	자본과 노동생산요소의 CES함수 분배계수
$\delta c_i$	국내 및 수입 최종재 수요의 CES함수 분배계수
$\delta m_{ij}$	국내 및 수입 중간재 수요의 CES함수 분배계수
$\delta ex_i$	국내 및 수출재의 CET함수의 분배계수
$\omega_h$	화석연료 $h$ 의 단위당 이산화탄소 배출계수
$\tau_j$	총 자본생산요소의 $j$ 부문의 비중
$\delta_t$	자본재의 감가상각율
$r_t$	국제시장이자율
$n$	노동력 성장율

주:  $i, j = 1, 2, \dots, 18$  ; 18개 산업 및 재화  
 $t = 0, 1, \dots, 20$  ; 1990, 1991, ....., 2020 년도

<표Ⅲ-1>에서 계속

변수	내 용
2. 외생변수	
$K_0$	기준년도의 총 자본생산요소
$L_0$	기준년도의 총 노동생산요소
$PW_{jt}$	수입재의 국제시장가격
$tk_t$	자본소득세율
$tl_t$	근로소득세율
$td_{jt}$	간접세율
$tm_{jt}$	수입관세율
$tex_{jt}$	수출 보조금율
$ER_t$	명목환율
$\phi_t$	인플레이션율
$P_0$	기준년도의 물가지수
$FB_{-1}$	전년도의 해외차입
$CO_t$	이산화탄소 배출 제한량
3. 내생변수	
$GDP_t$	국내총생산
$X_{jt}$	부문별 균형 산출량
$X_{ijt}^D$	복합재의 부문별 중간재 수요
$X_{ijdt}^D$	국내재의 부문별 중간재 수요
$X_{ijft}^D$	수입재의 부문별 중간재 수요
$V_{it}^D$	복합재의 총 중간재 수요
$CO_t^D$	총 이산화탄소 배출량
$CO_{jt}^D$	부문별 이산화탄소 배출량
$CO_{ht}^D$	화석연료별 이산화탄소 배출량
$C_{it}$	가계의 복합재 수요

주:  $i, j = 1, 2, \dots, 18$  : 18개 산업 및 재화  
 $t = 0, 1, \dots, 20$  : 1990, 1991, ..., 2020 년도

(표 III-1>에서 계속)

변수	내 용
(3. 내생변수 계속)	
$C_{idt}$	가계의 국내재 수요
$C_{ijt}$	가계의 수입재 수요
$D_{it}$	국내재 공급
$M_{jt}$	수입재 수요
$KLE_{jt}$	노동/자본/화석에너지 생산요소수요
$KL_{jt}$	노동/자본 복합생산요소 수요
$K_{jt}^D$	자본생산요소 수요
$L_{jt}^D$	노동생산요소 수요
$Ex_{it}$	수출재 공급
$G_{it}^D$	국내재의 정부수요
$E_{jt}^D$	총화석에너지 중간재 수요
$Eco_{jt}^D$	석탄에너지 중간재 수요
$Eoi_{jt}^D$	석유에너지 중간재 수요
$Ega_{jt}^D$	가스에너지 중간재 수요
$NI_t$	가계의 명목소득
$DI_t$	가계의 명목 가처분 소득
$TRG_t$	이전소득
$HB_t$	가계예산
$BS_t$	정부예산흑자(정부저축)
$TD_t$	경상수지적자(해외저축)
$GB_t$	정부예산
$Ren_t$	환경세수입
$I_t$	총투자
$K_t^S$	자본공급
$L_t^S$	노동공급

주:  $i, j = 1, 2, \dots, 18$  ; 18 산업 및 재화  
 $t = 0, 1, \dots, 20$  ; 1990, 1991, ..... , 2020 년도



(표 III-1>에서 계속)

변수	내 용
(3. 내생변수 계속 - 가격변수)	
$P_t$	물가수준
$PGDP_t$	GDP 디플레이터
$PK_t$	자본생산요소 평균가격
$PL_t$	노동생산요소 명목평균임금
$PE_t$	화석연료 평균가격
$PI_t$	투자재 평균가격
$P_{it}$	복합재 소비자가격
$PM_{it}$	수입재 국내가격
$PD_{it}$	국내재 소비자가격
$PWE_{it}$	수출재가격(달러표시)
$PKLE_{jt}$	노동/자본/화석에너지 복합생산요소가격
$PKL_{jt}$	국내재의 순부가가치율
$PK_{jt}$	자본 지대율
$PL_{jt}$	명목임금율
$PE_{jt}$	화석에너지 가중평균가격
$PEco_{jt}$	석탄가격
$PEoi_{jt}$	석유가격
$PEga_{jt}$	가스가격

주:  $i, j = 1, 2, \dots, 18$  : 18 산업 및 재화  
 $t = 0, 1, \dots, 20$  : 1990, 1991, ..... , 2020 년도

주석 2) 거래가치 접근방법(transaction value approach)은 Drud et al.(1986)에 자세히 설명되어 있다.

주석 3) Generalized Algebraic Modeling System (GAMS)은 Brooke, Kendrick, and Meeraus (1988)에 자세히 설명되어 있다.

## 2. 생산

모형의 생산부문은 생산자와 생산요소공급자의 행태를 나타낸 것이다. 그들의 최적화 행위

의 결과 사용된 생산요소의 양과 공급된 생산물의 양에 의해서 생산물의 가격이 결정된다. 생산활동의 수준은 생산기술(함수)의 성질과 경제가 가지고 있는 생산요소의 양에 따라 결정되기 때문에 이러한 요인들에 관해 자세히 논의할 것이다.

경제의 생산측면에서는 국내의 수요에 충족되는 국내재와 해외수요를 위한 수출재가 생산되어 국내총생산(Gross Domestic Production)이 발생한다. 생산물은 완전경쟁시장에서 거래가 이루어지고, 모든 산업부문은 규모의 수익불변 생산기술에 의해 생산한다. 생산요소의 수요는 각 기업의 비용최소화행위로부터 결정되고, 생산물의 가격과 생산량 그리고 생산요소 가격 및 투입-산출계수에 따라 영향을 받는다. 생산요소들은 생산요소들간의 상대가격의 변화에 따라 대체가 일어난다.

#### 가. 산업분류

본 연구에서 사용된 일반균형모형(KEED)은 경제전체의 생산부문이 18개의 산업부문으로 구성되어 있으며, 각 산업부문은 하나의 이윤극대화 기업이 하나의 복합재화를 생산한다고 가정한다. 따라서 각 산업에서 생산하는 복합재화들의 상품 구성비율은 시간에 관계없이 일정하다.<sup>4)</sup> 본 연구의 목적이 이산화탄소 배출억제가 경제에 미치는 영향을 분석하기 위한 것이기 때문에 이산화탄소의 대부분이 화석연료의 사용으로 인해 배출되므로 이산화탄소 배출억제를 위한 정책실험에서는 에너지를 생산하는 산업이나 에너지를 많이 사용하는 산업이 중요하다.

<표 III-2> KEED 모형의 산업분류

분류구분	분류산업
1. [agr]	1. 농림수산업 (Agriculture, forestry, and fisheries)
2. [min]	2. 광업 (Mining and quarrying)
3. [foo]	3. 음식료산업 (Food and kindred products and tobacco)
4. [tex]	4. 섬유 및 목재산업 (Textile mills and wood products)
5. [pup]	5. 펄프 및 지류산업 (Pulp and paper)
6. [chb]	6. 기초화학산업 (Chemical basic products)
7. [chp]	7. 화학제품산업 (Chemicals and allied products)
8. [sto]	8. 요업 및 토석산업 (Stones, clay and glass products)
9. [iro]	9. 철강산업 (Primary iron and steel products)
10. [nfm]	10. 비철금속산업 (Nonferrous metal products)
11. [man]	11. 제조업 (Manufacturing products)
12. [con]	12. 건설업 (Construction)
13. [tra]	13. 운송 및 보관업 (Transportation and warehousing)
14. [ser]	14. 서비스 및 기타 (Services)
15. [Eco]	15. 석탄 및 석탄제품산업 (Coal and coal products)
16. [Eni]	16. 정유산업 (Oil products)
17. [Eel]	17. 전력산업 (Electric utility)
18. [Ega]	18. 가스산업 (Gas utility)

자료: 한국은행, 산업연관표

따라서 에너지 다소비산업과 에너지산업을 중심으로 산업분류를 한다. 또한 생산기술이나 생산과정에서 이산화탄소를 많이 배출하는 산업도 중요하다(예를 들어, 펄프 및 제지산업). 본 일반균형모형(KEED)의 생산부문은 <표 III-2>에서 보듯이 18개로 구분하였다. 그들 중 4개의 산업 - 석탄, 석유, 가스, 전력-은 에너지 공급 및 분배와 관련된 산업부문이고, 나

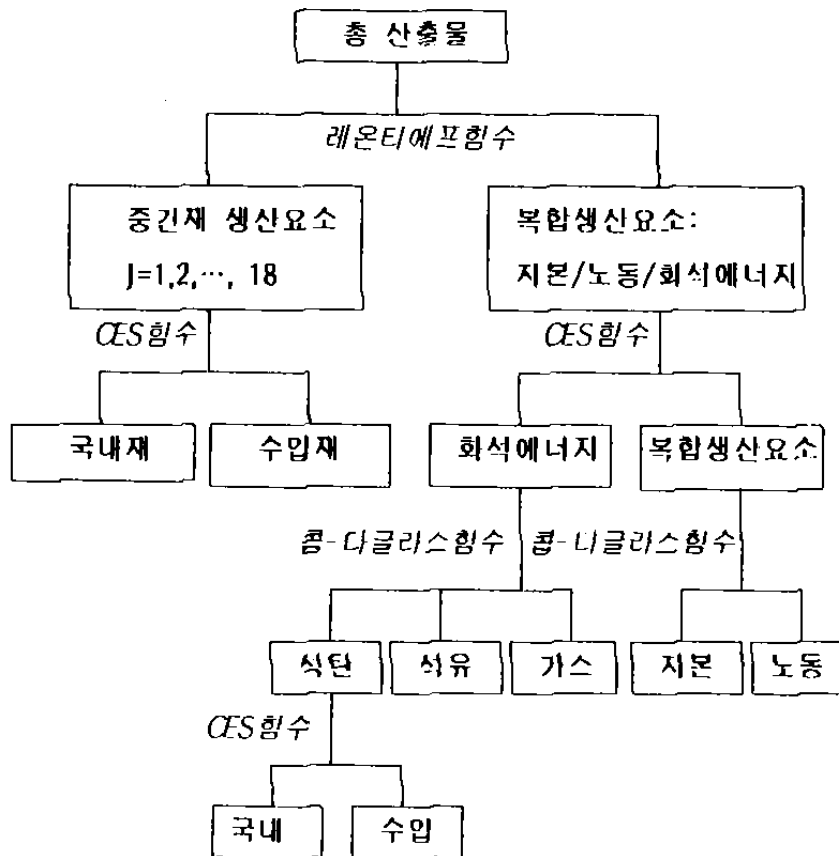
머지 14개 산업은 에너지를 많이 사용하거나 재화의 생산이나 서비스를 제공하는 산업이다.

나. 생산구조(Production structure)

각 산업은 자본과 노동과 같은 본원적 생산요소와 석탄, 석유, 가스, 전력 등의 에너지와 기타 중간재를 사용하여 산출물을 생산하며, 에너지와 기타 중간재의 공급은 국내 생산재와 수입재로 이루어진다.<sup>5)</sup> 각 산업의 생산자는 주어진 생산물의 수요와 상대가격체계 하에서 생산비용을 최소화하는 적정 생산요소량을 결정한다. 기본모형에서 노동과 자본은 각 산업 부문에 자유로이 이동하며, 각 년도의 본원적 생산요소의 총량은 사전에 결정된다. 각 산업 부문의 자본과 노동의 공급량은 산업간의 자본의 실질이윤율과 노동의 실질임금이 같게 되는 수준에서 결정된다.

모든 산업부문은 규모의 수익불변 생산기술을 가지고 있으며, [그림Ⅲ-1]에서 보는 바와 같은 레온티에프함수, 콥-다글라스함수, 불변대체탄력성(CES)함수를 가진 다층적 생산구조로 구성된 것으로 가정한다.<sup>6)</sup>

[그림 Ⅲ-1] 일반균형모형(KEED)의 생산구조



첫째, 부문별 국내생산은 중간재들과 복합생산요소를 투입하여 레온티에프 생산기술에 의해 생산한다. 둘째, 부문별 자본/노동/화석연료의 복합생산요소는 불변대체탄력성함수에 의해 부가가치와 화석연료의 결합으로 이루어진다. 셋째, 화석연료는 콥-다글라스함수에 의해 석탄, 석유, 가스 등의 1차 에너지원들로 구성된다. 넷째, 부가가치는 자본과 노동이라는 본원적 생산요소를 투입하여 콥-다글라스 생산기술에 의해 생산된다. 마지막으로 복합중간재와 화석연료들은 불변대체탄력함수에 의해 국내재와 수입재로 구성된다.

생산함수에 대한 이러한 가정들 때문에 생산과정의 각 단계에서 생산요소간의 대체가능성을 일부 제한하는 결과를 가져오게 된다. 특히 레온티에프 생산기술을 가정하면, 기준년도의 산

출물당 중간재의 투입-산출계수의 값이 고정되어 중간재와 다른 생산요소간, 중간재간의 대체가능성이 없으며, 부가가치와 화석연료 생산요소를 산출하는데 사용한 콥-다글라스함수는 자본과 노동, 1차 화석연료간의 대체를 허용하나 대체탄력성을 1로 제한한 결과를 가져온다. 불변대체탄력성함수를 이용하면 본원적 생산요소와 화석연료사이의 대체관계와 국내재와 수입재 사이의 대체관계를 1로 제한하지 않을 수 있다. 이와 같은 조건아래서 레온티에프 생산함수, 불변대체탄력성함수, 콥-다글라스함수를 포함한 생산구조는 아래와 같은 수식으로 표현된다.

첫째,  $j$  산업의 산출물에 대한 레온티에프 생산기술은 다음과 같다.

(식 3-1)

$$X_j = Mim(X_{ij}/\alpha_{ij}, KLE_j)$$

여기에서  $i$  와  $j$  는 재화와 생산부문을 나타내고,  $X_j$ 는  $j$  부문의 산출량,  $X_{ij}$ 는  $j$  부문에 투입된  $i$  재의 투입량,  $KLE_j$  는 본원적 생산요소와 화석연료로 이루어진 복합생산요소, 그리고  $\alpha_{ij}$ 는 투입-산출계수 ( $X_{ij} / X_j$ )를 나타낸다.

둘째, 화석연료와 본원적 생산요소에 대한 불변대체탄력성(CES) 복합재 투입기술은 다음과 같다.

(식 3-2)

$$KLE_j = \beta \chi_j \left[ \delta v_j KL_j^{-\rho v_j} + (1 - \delta v_j) E_j^{\rho v_j} \right]^{-\frac{1}{\rho v_j}}$$

여기에서  $KL_j$ 과  $E_j$ 는 각각 노동과 자본이 결합한 본원적 복합생산 요소, 그리고 복합화석연료를 나타내고,  $\beta \chi_j$ 는 비체화 기술진보,  $\delta v_j$ 는 노동과 자본에 대한 분배계수이며,  $\rho v_j$ 는 복합화석연료와 본원적 복합생산요소간의 대체탄력성 관련변수를 의미한다. 이때 대체탄력성은  $1/(1+\rho v_j)$ 이다.

셋째, 노동과 자본에 대한 콥-다글라스 부가가치함수는 다음과 같다.

(식 3-3)

$$KL_j = \beta v_j K_j^{\alpha_j} L_j^{1-\alpha_j}$$

여기에서  $K_j$ 와  $L_j$ 는  $j$  부문에 투입된 자본과 노동,  $\beta v_j$ 는 부가가치함수에서의 비체화 기술진보,  $\alpha_j$ 는 부가가치 중 자본과 관련된 비율을 가리킨다.

넷째,  $j$  산업에 사용되는 석탄, 석유, 가스 같은 에너지들의 투입함수를 콥-다글라스 함수로 나타내면 다음과 같다.

(식 3-4)

$$E_j = \beta e_j Eco_j^{\alpha_{oi}} Eoi_j^{\alpha_{oi}} Ega_j^{1-\alpha_{oi}-\sigma_{oi}}$$

여기에서  $Eco_j$ ,  $Eoi_j$ ,  $Ega_j$ 는 각각 석탄, 석유, 가스의 투입량을 가리키고,  $\beta e_j$ 는 비체화 기술진보,  $\alpha_{oi}$ ,  $\alpha_{oi}$ 는 각각 전체 화석연료에 대한 석탄과 석유의 비율을 의미한다.

다섯째, 국내중간재와 수입중간재의 관계를 불변대체탄력성(CES) 함수로 나타내면 다음과 같다.

(식 3-5)

$$X_{ij} = \beta m_{ij} \left[ \delta m_{ij} X_{ijd}^{\rho m_{ij}} + (1 - \delta m_{ij}) X_{ijf}^{-\rho m_{ij}} \right]^{-\frac{1}{\rho m_{ij}}}$$

여기에서  $X_{ijd}$  와  $X_{ijf}$ 는 각각  $j$  산업에 투입되는  $i$  재화의 국내중간재와 수입중간재,  $\beta m_{ij}$ 는 중간재 투입에 대한 아밍턴계수(Armington aggregator),  $\delta m_{ij}$ 는 국내중간재와 수입중간재에 대한 CES 분배계수이며,  $\rho m_{ij}$ 는 국내중간재와 수입중간재사이의 대체탄력성과 관련된 변수를 의미한다. 이때 대체탄력성은  $1/(1 + \rho m_{ij})$ 이다.

다. 단위가격(비용)함수 (제로 이윤조건)

완전경쟁시장 하에서 이윤극대화를 추구하는 기업의 공급함수는 2단계의 과정을 거쳐 유도된다. 첫 단계는 주어진 생산함수와 생산요소가격하에서 비용을 최소화하는 생산요소수요함수를 구하는 것이다. 둘째 단계는 이윤을 최대화 할 수 있는 산출물 수준을 결정하는 것이다. 본 일반균형모형(KEED)에 있는 모든 산업은 규모의 수익불변 생산기술로 활동한다고 가정하기 때문에, 이윤극대화 행위가 유일한 공급함수를 보장하지 않는다.<sup>7)</sup> 1차 동차 생산함수에서는 모든 투입요소를 일정한 비율로 증가시키면 산출량도 동일한 비율로 증가하기 때문이다. 따라서 규모의 수익불변 생산기술을 가진 생산구조에서는 유일한 공급함수가 없고 단위비용 방정식(unit cost equation)으로 공급함수를 대신할 수 있다. 기업의 이윤극대화는 한계수입과 한계비용이 일치하는 지점에서 이루어지는데 규모의 수입불변 생산기술을 가진 기업은 한계비용과 평균비용이 같기 때문에 완전경쟁시장에서는 제로 이윤을 얻게 되며, 이 경우에만 균형이 이루어지게 된다. 이러한 균형점은 생산요소량에 따른 생산가능집합에 포함되어 있으며, 균형수준은 경제내의 사용가능 생산요소 부존량에 따라 변한다. 즉 산출물의 단위비용 함수는 생산요소시장의 균형상태의 생산요소가격에 의해 결정되며, 균형생산요소가격은 노동의 완전고용가정과 자본의 완전사용가정에서 얻어지는 생산요소 공급함수와 생산자의 비용최소화 행위로부터 도출되는 생산요소 수요함수로부터 결정되고, 생산요소 수요함수는 상품시장 균형조건에서 얻어지는 균형산출량에 따라 변한다. 또한 생산요소 공급량은 그 경제가 가지고 있는 생산요소 부존량에 따라 결정된다.

생산비용최소화 조건에 따라 생산요소의 최적 투입결합량이 결정되면 경쟁적 공급조건, 즉 제로이윤 조건을 가정하여 부문별 산출물 가격이 결정된다. 본 일반균형모형(KEED)의 생산부문에서의 투입은 노동과 자본뿐만 아니라 산업부문에서 공급되는 중간재도 포함되어 있고, 각 산업부문에서 사용되는 중간재는 다른 산업부문에서 생산되는 산출물이기 때문에 모든 산업의 산출물 가격과 생산요소의 최적 투입비율은 모든 부문이 동시에 결정된다. 부문별 생산물의 가격은 간접세를 포함한 세후가격이다. 앞에서 언급한 방정식체계에 있는 식 (14)-(17)은 이러한 단위가격(비용)을 수식화한 것이다.

라. 중간투입요소와 본원적 투입요소에 대한 수요

생산자들은 세후(稅後) 생산비용을 최소화하는 것을 목표로 한다. 투입요소간의 약분리성(weak separability)에 의하면 생산자의 비용최소화 문제는 여러 단계로 설정될 수 있다. 복합투입요소에 대한 생산자의 최적 수요량은 주어진 생산기술(식(3-1)-(3-5))과 단위비용함수(방정식체계의 식(14)-(17))에 의해 생산과정의 각 단계에서 도출된다.

각 단계에서 생산자의 비용 극소화 문제와 요소수요함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다. 첫째 단계는 식 (3-1)의 레온티에프 함수로부터 복합재에 대한 중간수요를 결정하는 것이다. 중간재 투입에 대해서는 레온티에프 생산기술을 가정하였으므로  $j$  생산부문의  $i$  재화의 중간재 수요는 식 (3-6)과 같이 투입-산출계수와  $j$  산업의 생산량을 곱하여 구할 수 있다.

(식 3-6)

$$X_{ij} = a_{ij} X_j$$

우리는 전체 생산부문에서 사용된 i 재화의 총 중간재 수요를 식(3-7)을 이용하여 구할 수 있다.

(식 3-7)

$$V_i = \sum_j X_{ij} = \sum_j a_{ij} X_j$$

여기서  $V_i$ 는 각 생산부문에서 사용한 i 재의 중간재 수요의 합이다.

두 번째 단계는 불변대체탄력성(CES)함수로부터 화석연료에 대한 수요와 본원적 투입요소에 대한 수요를 결정하는 것이다. 주어진 복합투입요소 요구량 내에서 생산자는 다음과 같은 비용최소화 문제에 따라 복합화석연료와 본원적 복합생산요소를 최적으로 혼합할 수 있다고 가정한다.

$$\text{Min } PKL_j + PE_j E_j$$

$$\text{s. t. } \beta x_j \left[ \delta v_j KL_j^{-\rho v_j} + (1 - \delta v_j) E_j^{-\frac{1}{v_j}} \right]^{-\frac{1}{\rho v_j}} \leq X_j$$

여기에서  $PKL_j$ 과  $PE_j$ 는 각각 j 산업의 본원적 복합생산요소의 가격, 즉 부가가치율과 j 산업에서 중간재로 투입되는 복합화석연료의 가격이다. 가격이 주어졌을 때 비용최소화문제를 풀면 본원적 생산요소인 자본과 노동의 복합생산요소와 복합화석연료의 최적 수요량이 결정된다.

(식3-8)

$$KL_j^D = \frac{1}{\beta x_j} \left[ \delta v_j + (1 - \delta v_j) \left\{ \left( \frac{PKL_j}{PE_j} \right) \left( \frac{1 - \delta v_j}{\delta v_j} \right) \right\}^{-\frac{\rho v_j}{1 + \rho v_j}} \right]^{\frac{1}{\rho v_j}} KLE_j$$

(식 3-9)

$$E_j^D = \frac{1}{\beta x_j} \left[ \delta v_j \left\{ \left( \frac{PE_j}{PKL_j} \right) \left( \frac{\delta v_j}{1 - \delta v_j} \right) \right\}^{-\frac{\rho v_j}{1 + \rho v_j}} + (1 - \delta v_j) \right]^{\frac{1}{\rho v_j}} KLE_j$$

여기에서  $KL_j^D$ 는 각각  $E_j^D$  산업의 본원적 복합생산요소의 수요량과 복합화석연료의 수요량이다.

세 번째 단계는 자원을 완전히 활용한다는 가정 하에서 콥-다글라스 부가가치함수로부터 노동과 자본에 대한 수요를 결정하는 것이다. 주어진 부가가치 투입요소의 요구량 내에서 생산자는 다음과 같은 비용최소화문제에 따라 최적으로 노동과 자본의 투입량을 결정한다.

$$\text{Min } PK_j K_j + PL_j L_j$$

$$\text{s. t. } \beta v_j K_j^{\alpha_j} L_j^{1-\alpha_j} = KL_j$$

여기에서  $PK_j$ 는  $j$  산업에서 사용된 자본의 가격(rental rate)이고,  $PL_j$ 는  $j$  산업의 임금이다. 자본가격과 임금이 주어지면 생산자는 비용최소화행동에 따라 자본과 노동에 대한 최적 수요량을 결정한다.

(식 3-10)

$$K_j^D = \frac{1}{\beta v_j} \left[ \left( \frac{PL_j}{PK_j} \right) \left( \frac{\alpha_j}{1-\alpha_j} \right) \right]^{1-\alpha_j} KL_j$$

(식 3-11)

$$L_j^D = \frac{1}{\beta v_j} \left[ \left( \frac{PK_j}{PL_j} \right) \left( \frac{1-\alpha_j}{\alpha_j} \right) \right]^{\alpha_j} KL_j$$

여기에서  $K_j^D$ 와  $L_j^D$ 는 각각  $j$ 산업의 자본과 노동의 수요량이다. 네 번째 단계에서는 콥-다글라스 에너지함수로부터 석탄, 석유, 가스에 대한 중간재 수요량을 결정한다. 다음과 같은 비용최소화문제에 따라 생산자는 이들 요소들을 최적으로 결합하여 투입할 수 있다.

$$\text{Min } PEco_j Eco_j + PEoi_j Eoi_j + PEga_j Ega_j$$

$$\text{s. t. } \beta e_j Eco_j^{\alpha_{co_j}} Eoi_j^{\alpha_{oi_j}} Ega_j^{1-\alpha_{co_j}-\alpha_{oi_j}} = E_j$$

여기에서  $PEco_j$ ,  $PEoi_j$ ,  $PEga_j$ 는 각각 석탄, 석유, 가스의 가격을 나타낸다. 각각의 가격이 주어지면 다음과 같은 최적의 수요함수가 얻어진다.

(식 3-12)

$$Eco_j^D = \frac{1}{\beta e_j} \left[ \left( \frac{\alpha_{oi_j}}{\alpha_{co_j}} \right) \left( \frac{PEoi_j}{PEco_j} \right) \right]^{\alpha_{oi_j}} \left[ \left( \frac{\alpha_{co_j}}{1-\alpha_{co_j}-\alpha_{oi_j}} \right) \left( \frac{PEga_j}{PEco_j} \right) \right]^{1-\alpha_{co_j}-\alpha_{oi_j}} E_j$$

(식 3-13)

$$Eoi_j^D = \frac{1}{\beta e_j} \left[ \left( \frac{\alpha_{co_j}}{\alpha_{oi_j}} \right) \left( \frac{PEco_j}{PEoi_j} \right) \right]^{\alpha_{co_j}} \left[ \left( \frac{\alpha_{oi_j}}{1-\alpha_{co_j}-\alpha_{oi_j}} \right) \left( \frac{PEga_j}{PEoi_j} \right) \right]^{1-\alpha_{co_j}-\alpha_{oi_j}} E_j$$

(식 3-14)

$$Eco_i^D = \frac{1}{\beta e_i} \left[ \left( \frac{1 - \alpha co_i - \alpha oi_i}{\alpha oi_i} \right) \left( \frac{PEoi_i}{PEga_i} \right) \right]^{\alpha oi_i} \left[ \left( \frac{1 - \alpha co_i - \alpha oi_i}{\alpha co_i} \right) \left( \frac{PEco_i}{PEga_i} \right) \right]^{\alpha co_i} E_i$$

다섯 번째 단계는 국내중간재, 수입중간재 수요를 불변대체탄력성(CES)함수로부터 결정하는 것이다. 아래와 같은 비용최소화문제를 통해 생산자는 각각에 대한 최적수요량을 결정하게 된다.

$$\text{Min} \quad PX_{ijd} X_{ijd} + PX_{ijf} X_{ijf}$$

$$\text{s. t.} \quad \beta m_{ij} \left[ \delta m_{ij} X_{ijd}^{-\rho m_{ij}} + (1 - \delta m_{ij}) X_{ijf}^{-\rho m_{ij}} \right]^{-\frac{1}{\rho m_{ij}}} = X_{ij}$$

여기에서  $PX_{ijd}$ 와  $PX_{ijf}$ 는 각각  $j$  산업에 투입된  $i$  재의 국내중간재와 수입중간재의 가격을 나타낸다. 그리고 모든 부문에서 국내재와 수입재의 투입비율이 동일하다고 가정한다. 따라서 국내중간재와 수입중간재의 세후(稅後)가격이 주어지면 비용최소화문제를 통해 아래와 같이 최적의 수요량을 결정할 수 있다.

(식 3-15)

$$X_{ijd}^D = \frac{1}{\beta m_{ij}} \left[ \beta m_{ij} + (1 - \beta m_{ij}) \left\{ \left( \frac{PD_i}{PM_i} \right) \left( \frac{1 - \beta m_{ij}}{\beta m_{ij}} \right) \right\}^{-\frac{\rho m_{ij}}{1 + \rho m_{ij}}} \right]^{\frac{1}{\rho m_{ij}}} X_{ij}$$

(식 3-16)

$$X_{ijf}^D = \frac{1}{\beta m_{ij}} \left[ \delta m_{ij} \left\{ \left( \frac{PM_{ij}}{PD_i} \right) \left( \frac{\delta m_{ij}}{1 - \delta m_{ij}} \right) \right\}^{-\frac{\rho m_{ij}}{1 + \rho m_{ij}}} + (1 - \delta m_{ij}) \right]^{\frac{1}{\rho m_{ij}}} X_{ij}$$

#### 마. 본원적 요소의 공급과 자본의 유동성

본 일반균형모형(KEED)에서 본원적 요소란 노동과 자본을 의미한다. 경제전체에 공급되는 노동과 자본의 총량은 매기간의 초에 미리 결정된다. 앞에서 언급한 방정식체계의 식(11)과 (13)은 각각 경제의 노동과 자본의 공급함수를 나타내고 있다.

우선 자본은 전기의 자본스톡에서 감가상각율을 제외하고 이월되는 자본량과 전기의 투자로부터 발생하는 자본량의 합이 자본시장에 공급되는 자본의 총량이다. 자본의 총량이 산업부문별로 배분되는 것은 경제 및 자본의 성격에 따라 크게 완전경쟁시장을 상정하여 시장기능에 의해 산업별로 배분되는 것과 정책적 목적 또는 계획하에 산업별로 분배하는 것으로 나누어 볼 수 있다. 본 연구에서는 완전경쟁 자본시장을 가정하고, 자본은 균질한 재화로 산업부문간에 비용없이 자유롭게 이동할 수 있다. 따라서 균형상태에서는 모든 산업부문에서 사용되는 자본의 가격이 동일하다( $PK_i = PK_j$ ). 또 하나의 접근법은 각 산업에서 사용하는 자본이 산업별로 특성을 가지고 있어 균일하지 않고, 산업부문간에 자본의 이동이 가능하지 않은 것으로 취급하는 것이다. 또한 산업별 자본의 공급은 특정목적이나 계획 하에 각 산업부문의 자본투입 비율이 전산업에 걸쳐 일정비율로 고정되어 있다는 것이다. 따라서 경제전반에 걸쳐 하나의 자본재 시장이 있는 것이 아니고, 산업별로 자본재 시장이 따로 존재한다. 또한 자본의 공급이 산업부문별로 고정되어 있으므로 각각의 산업별 자본재 시장에서 산업



별 자본의 가격이 결정되며, 균형상태에서의 자본의 가격은 산업별로 다르다 ( $PK_i \neq PK_j$ ). 앞에서 언급한 방정식체계의 식 (12)은 각 산업부문별 자본의 공급함수를 나타낸다.

본 모형에서는 경제전체에 공급되는 노동의 총량은 외생적으로 결정된다. 산업별 노동에 대한 취급방법도 자본과 마찬가지로 크게 두 가지로 나눌 수 있다. 경제전체에 하나의 노동시장을 상징하는 것과 산업별로 각각의 노동시장을 상징하는 것이다. 본 연구에서는 노동은 균질하고 산업부문간에 비용없이 자유롭게 이동이 가능하다고 가정하고 있기 때문에 전체경제에 하나의 노동시장이 존재한다. 따라서 산업부문별 노동의 투입량은 산업별 생산자의 비용최소화 행위에 위한 산업별 노동 수요에 따라 시장에서 결정되며, 균형상태에서의 노동의 가격 즉 실질임금은 전체 산업부문이 동일하다( $PL_i = PL_j$ ).

주석 4) 기존의 다른 연구에서와 마찬가지로 각 산업부문에서 오직 하나의 재화만 생산하기 때문에 산업과 재화의 구별이 없는 것으로 가정하였다. 자세한 것은 Bergman(1978, 1982, 1985, 1986, 1988, 1990, 1991)을 참조.

주석 5) 대체 백스톱(backstop) 기술은 높은 비용과 기술적 어려움 때문에 2010년 이후에나 도입이 가능한 것으로 가정했기 때문에 정책모의 실험기간인 1990년부터 2010년 사이에는 대체 백스톱 기술이 없다.

주석 6) 레온티에프(Leontief)함수, C-D함수, CES 함수를 가진 다층적 생산구조는 현재 주어진 자료로 사용할 수 있는 가장 유연한 생산함수이다.

주석 7) 규모수익불변의 경우, 현재의 생산활동에서 이윤이 발생하고 있다면 산출량을 두배로 늘림으로써 이윤을 두배로 얻을 수 있다. 주어진 상대가격체제에서 여러 수준의 산출이 가능할 때, 경제내의 요소 부존량에 의해 산출량이 결정된다. 반면에 주어진 가격체제에서 현재의 산출수준으로 이윤을 얻을 수 없다면 산출수준을 변경하여도 마찬가지로 이윤을 얻을 수 없다. 따라서 극대이윤을 추구하는 생산자라면 더 이상 생산하지 않는다. 자세한 내용은 Dinwiddy and Teal (1988) 참조.

### 3. 최종수요

#### 가. 가계

대표적 가계의 수요함수는 효용함수와 예산제약식에 의존하게 된다. 효용극대화를 추구하는 가계는 예산을 소비재와 투자재 사이에 최적으로 배분한다고 가정한다. 본 연구의 모형은 2단계의 효용극대화에 기초한 로그-선형 지출체계(log-linear expenditure system: LLES)이다. 먼저 가계는 여러 재화에 대한 지출활동을 한다. 다음으로 재화별로 수입품 소비비율을 결정한다. 모든 지출체계에서 중요한 성질은 소비된 재화의 가치는 총지출과 동일해야 하며, 또한 가계의 예산과도 동일해야 한다는 점이다.

가계는 소득을 창출하는 자본과 노동을 보유하고 있는 것으로 가정한다.<sup>8)</sup> 또한 가계는 해외 소비자로부터 이자소득을 수취하거나 해외 소비자에게 지급한다. 이러한 이자소득은 주어진 국제 이자율과 환율 아래서 해당국사이의 무역불균형으로부터 발생하게 된다. 가계의 명목소득(방정식체계의 식 (18)은 노동소득과 자본소득의 합에서 순 이자 지급액을 차감한 수치이다. 가처분 소득(방정식체계의 식 (19)은 명목소득에서 노동소득과 자본소득에  $tl$  와  $tk$  의 세율로 부과된 직접 소득세(direct ad valorem income taxes)를 차감하고 정부가 지급한 이전소득을 합한 것이다. 가계의 가처분 소득과 정부예산흑자, 그리고 무역적자의 합이 대표적 가계의 예산(방정식체계의 식 (20)이 된다. 이러한 가계 예산은 조정과정을 거쳐 매크로-크로저 법칙(macro-closure rule, 총저축 = 총투자)을 충족시킨다.<sup>9)</sup> 매크로-크로저 법칙(Macro-closure rule)의 효과는 민간 소비와 투자를 통해 경제전체에 퍼져 나간다.

매  $t$  기의 가계예산(household 's budget : HB) 은 다음과 같이 정의된다.

(식 3-17)

$$\begin{aligned}
 HB_t = & \left[ \sum_j (PL_{jt} L_{jt} + PK_{jt} K_{jt}) - r_t ER_t FB_{t-1} \right] \\
 & - \left[ tl_t \sum_j (PL_{jt} L_{jt}) + tk_t \sum_j (PK_{jt} K_{jt}) - TRG_t \right] \\
 & + BS_t + TD_t
 \end{aligned}$$

여기서 HB는 가계예산, tk는 자본소득에 대한 세율, tl는 노동소득에 대한 세율, PK는 자본의 가격, PL은 임금, K는 자본, L은 노동, BS는 정부 예산흑자(정부저축), TD는 무역적자(해외저축), ER은 환율, TRG는 정부의 이전소득, r은 국제이자율, FB<sub>t-1</sub>는 전기의 외채이다.

첫 번째 단계로 가계는 주어진 복합재화의 가격과 예산제약 하에서 로그-선형 효용함수를 극대화한다.<sup>10)</sup> 즉, 매 t 기의 가계의 효용극대화 문제는 아래와 같이 표현할 수 있다.<sup>11)</sup>

$$\begin{aligned}
 \text{Max } U_{ct} &= \sum_i v c_i \log(C_{it}) \\
 \text{s.t. } & \sum_i P_{it} C_{it} \leq HB_t, \\
 \text{where } & \sum_i v c_i = 1
 \end{aligned}$$

여기서 U<sub>ct</sub>는 가계의 효용함수, C<sub>it</sub>는 복합재(소비재와 투자재 포함) i에 대한 수요, P<sub>it</sub>는 복합재 i의 가격, v<sub>ci</sub>는 복합재 i의 최종수요 계수이다. 앞에서 언급한 방정식체계의 식(31)은 복합재화의 가격을 나타내는 방정식이며, 복합재의 가격(P<sub>it</sub>)은 국내생산재의 소비자 가격<sup>12)</sup>과 수입재 가격을 가중평균한 것이다.

가계의 예산제약이 주어졌을 때, 가계는 효용극대화를 통해 복합재에 대한 수요량(C<sub>it</sub>)을 결정한다. 매 t 기의 복합재화 i에 대한 최종수요 함수는 다음과 같이 쓸 수 있다.

(식 3-18)

$$C_{it} = v c_i \left( \frac{HB}{P_{it}} \right)$$

재화의 시장가격과 가계의 예산이 소비자의 수요를 결정하고, 수요량은 소득에 비례하며 가격에 반비례한다. 그리고 이들 재화는 서로 대체 관계에 있다.

두 번째 단계로 가계는 국내생산재와 수입재를 적절히 혼합하여 최적의 선택을 한다고 가정한다. 국내생산재와 수입재의 구성은 불변대체 탄력성(CES) 무역함수의 제약 하에서 지출 최소화행위를 통해 결정된다. 국내생산재(C<sub>idt</sub>)와 수입재(C<sub>ift</sub>)의 최종수요는 1계 조건으로부터 얻어진다. 매 t 기의 가계의 지출극소화 문제는 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 \text{Min } & P_{it} C_{it} = PD_{it} C_{idt} + PM_{it} C_{ift} \\
 \text{s.t. } & C_{it} = \beta c_i \left[ \delta c_i C_{idt}^{-\rho c_i} + (1 - \delta c_i) C_{ift}^{-\rho c_i} \right]^{-\frac{1}{\rho c_i}}
 \end{aligned}$$

여기서 C<sub>idt</sub>와 C<sub>ift</sub>는 i재의 국내생산재의 최종수요와 수입재의 최종수요를 나타내고, PM<sub>it</sub>는 i수입재의 국내가격, PD<sub>it</sub>는 i국내생산재의 소비자 가격, β<sub>ci</sub>는 i재의 최종수요에 대한

아밍턴계수(Armington aggregator),  $\delta_{ci}$  는  $i$ 재의 CES 분배계수,  $\rho_{ci}$  는  $i$ 재의 국내생산재와 수입재사이의 대체탄력성과 관련된 변수를 의미한다. 이때 대체탄력성은  $1/(1+\rho_{ci})$ 이다. 각 복합재화의 최종수요량( $C_{it}$ )이 결정되면, 주어진 국내생산재의 소비자가격과 수입재의 국내가격 하에서, 가계는 지출최소화를 통해 국내생산재( $C_{idt}$ )와 수입재 ( $C_{ift}$ )에 대한 최종수요량을 결정한다. 매  $t$  기의  $i$  재의 국내생산재와 수입재에 대한 최종수요함수는 다음과 같이 쓸 수 있다.

(식 3-19)

$$C_{idt} = \frac{1}{\beta_{ci}} \left[ \delta_{ci} + (1 - \delta_{ci}) \left\{ \left( \frac{PD_{it}}{PM_{it}} \right) \left( \frac{1 - \delta_{ci}}{\delta_{ci}} \right) \right\}^{-\frac{\rho_{ci}}{1 + \rho_{ci}}} \right]^{\frac{1}{\rho_{ci}}} C_{it}$$

(식 3-20)

$$C_{ift} = \frac{1}{\beta_{ci}} \left\{ \delta_{ci} \left( \frac{PM_{it}}{PD_{it}} \right) \left( \frac{\delta_{ci}}{1 - \delta_{ci}} \right) \right\}^{-\frac{\rho_{ci}}{1 + \rho_{ci}}} + (1 - \delta_{ci}) \right]^{\frac{1}{\rho_{ci}}} C_{it}$$

여기서  $t$  는 년도,  $i$  는 각각의 복합재,  $C$  는 최종수요,  $P$ 는 복합재의 가격,  $HB$ 는 가계의 예산,  $d$  는 국내재,  $f$  는 수입재를 의미한다.

#### 나. 정부

본 일반균형모형(KEED)에서 중요한 경제주체중의 하나는 정부이다. 정부의 예산은 다음과 같은 4종류의 세수입으로 구성된다고 가정한다. 첫째는 탄소배출, 화석연료소비, 에너지가격에 대한 환경 관련세이다. 둘째는 소득세로 노동소득과 자본소득에 대해  $tl$  와  $tk$  의 세율로 부과되는 단일 직접 소득세이다. 셋째는 국내생산에 대한 간접 소득세로 제품에 따라 차등화한 간접 증가세(ad valorem indirect taxes)이다. 넷째는 수입재에 대한 관세로 제품에 따라 차별 관세율을 적용하는 증가관세(ad valorem tariff)이다. 따라서 매  $t$  기의 정부예산은 다음과 같이 표시된다.

(식 3-21)

$$GR_t = Ren_t + tl_t \sum_j (PL_{jt} L_{jt}) + tk_t \sum_j (PK_{jt} K_{jt}) + \sum_j (td_{jt} PD_{jt} X_{jt}) + ER_t \sum_j (tm_{jt} PW_{jt} M_{jt})$$

여기서  $Ren_t$  는 환경 관련세의 수입을 의미한다.

세금은 상대가격과 가치분 소득을 변화시킴으로써 경제주체의 행동에 영향을 끼친다. 기준안의 세율은 기간에 관계없이 일정하다고 가정하였으며, 세수의 크기는 경제활동의 수준에 의해 모형에서 내생적으로 결정된다. 정책실험에서 정책목표를 달성하기 위한 환경 관련세를 부과하고, 3 종류의 환경 관련세, 즉, 화석연료에 대한 에너지탄소세, 에너지열량세, 에너지중가세를 고려하기로 한다.<sup>13)</sup>

정부지출은 소비자에 대한 이전지출과 통상적인 정부지출로 구성된다. 정책실험에서는 모든 환경세 수입을 가계에 이전하는 경우와 그렇지 않은 2가지 경우가 고려된다. 후자의 경우 정부는 환경 관련 세수를 예산의 일부로 간주하여 지출한다. 매  $t$  기의 정부지출의 배분은

다음과 같은 예산제약하의 효용극대화행위를 통해 결정된다.

$$\begin{aligned} \text{Max} \quad & U_{gi} = \sum_i v g_i \log(G_{it}) \\ \text{s. t.} \quad & \sum_i PD_{it} G_{it} \leq GB_i \end{aligned}$$

정부지출은 정부수입에서 가계에 대한 이전지출을 뺀 것이다(GB=GR-TRG). 통상적인 일반균형(CGE)모형과는 달리 정부예산의 불균형을 허용할 수 있다. 예산흑자의 경우 정부에서 가계로 이전된 구매력은 주어진 매크로-크로저 법칙(macro-closure rule)하의 이전지출과 같이 민간수요에 분배된다. 매개변수의 합(vgi)이 1보다 크면 정부예산 적자를 의미하고 1보다 작으면 흑자를 의미한다. 정부지출과 수입의 차이가 정부예산의 불균형의 정도를 결정하게 된다<sup>14)</sup>.

로그-선형 효용함수로부터 얻어지는 국내생산재화에 대한 정부의 수요는 다음과 같다.

(식 3-22)

$$G_{it}^D = v c_i \left( \frac{GB}{PD_{it}} \right)$$

이러한 정부지출은 최종수요의 한 항목을 차지한다. 가계는 정부지출로부터 효용을 얻지 않는다고 가정하며, 정부부문에서의 생산은 없고, 수입재에 대한 정부수요는 존재하지 않는다고 가정한다.

#### 다. 해외부문

##### 1) 변형된 소규모 개방경제 가정

우리 나라는 에너지를 수입하는 소규모 개방경제체제 국가로 가정한다. 에너지를 포함한 모든 재화의 수입공급(import supply)은 완전탄력적이다. 즉, 주어진 국제가격하에서 임의의 양을 구매할 수 있다. 수입수요는 생산자의 중간수요와 소비자의 최종수요로부터 유도되며, 앞에서 설명한 대로 경제주체의 최적화 행위에 의하여, 국내가격과 수입가격에 의해 결정된다. 또한 우리 나라는 소규모 경제국가이기 때문에 재화의 국제시장가격에 영향을 미치지 못하고, 세계시장에서 가격수용자로 취급된다. 즉, 수입재의 국제시장가격(Pwj)은 외생적으로 주어진것으로 가정한다. 수입재의 가격이 외생적이므로 각 재화의 중간수요 및 최종수요와 국내생산재의 국내가격이 암묵적으로 개별 재화의 수입량을 결정하게 된다.

수입수요의 측면에서는 상품을 생산하는 국가별로 상품이 차별화되어 있다는 소위 아밍턴가정(Armington specification)을 채택하고 있어 국내생산재와 수입재사이에는 불완전대체재로 가정하고 있다.<sup>15)</sup> 이와 같은 아밍턴가정에 따라, 본 모형에서의 복합재에 대한 수요는 수입재와 국내생산재의 통합을 불변대체탄력성(CES)함수로 설정한 다음과 같은 수식으로 표현할 수 있다.

(식 3-23)

$$X_i^D = \beta m_i \left[ \delta m_i D_i^{-\rho m_i} + (1 - \delta m_i) M_i^{-\rho m_i} \right]^{-\frac{1}{\rho m_i}}$$

수출수요(export demand)는 외환으로 측정된 수출재의 가격에 크게 의존한다. 수출수요의 측면에서는 불변전환탄력성(constant elasticity output transformation: CET)함수를 필요로 하는데 이 함수를 통해 생산자는 산출물을 국내공급용 재화와 해외공급용 재화로 변환하게 된다.<sup>16)</sup> 국내시장과 해외시장을 향한 총공급은 아래의 불변전환탄력성(CET)함수를 통해 결

정된다.

(식 3-24)

$$X_i^S = \beta ex_i \left[ \delta ex_i D_i^{-\rho ex_i} + (1 - \delta ex_i) Ex_i^{-\rho ex_i} \right]^{-\frac{1}{\rho ex_i}}$$

본 일반균형모형(KEED)과 같은 단일국가 모형에서 불변대체탄력성(CES)함수와 불변전환탄력성(CET)함수<sup>17)</sup>는 수출입시장에서 교역량의 변경이 용이하지 않다는 현실적인 사실을 내포하고 있다. 수입측면에서 불완전 대체성(imperfect substitutability)은 실증분석에서 널리 채택되고 있다. 또한 수출측면에서 불완전 전환성(imperfect transformability)을 가정하는 것도 중요하게 다루어져야 한다. 모형에서 수입수요와 수출공급은 국내생산재와 수입재 또는 수출재의 상대가격에 크게 의존한다.

산업부문별 불완전 대체성을 가정하면 국내가격과 국제가격사이의 관계는 수출, 수입 모두 교역량과 탄력성에 크게 의존하게 된다.<sup>18)</sup> 주어진 대체탄력성과 전환탄력성에서 수출입량이 클수록 국내가격은 국제가격에 더 가까워진다. 이러한 모형 설정을 통해 국내가격체계를 국제가격에서 현실적으로 격리시킬 수 있다. 국내가격과 수입가격사이에 관련이 존재하고 있지만 전통적인 신고전과 무역이론에서처럼 강한 관련이 있는 것은 아니다. 또한 본 일반균형모형(KEED) 내에서 수출재, 수입재, 국내재가 동일한 부문에서 구분가능하기 때문에 쌍방향의 교역을 허용하게 된다.

국내통화로 환산된 수입가격은 관세, 환율과 함께 방정식체계의 (식 32)에 제시되어 있다. 변동환율제(flexible exchange rate system)를 채택하는 국가를 포함해서 다수의 국가에서 환율은 중요한 정책변수이다. 환율(ER)은 관계당국의 환율정책을 통하여 관리되고 있다고 가정한다. 그리고 정부는 자국내 산업 보호와 발전을 위해 수입관세를 부과한다고 가정한다. 이러한 관세수입은 정부수입의 중요한 원천이다.

## 2) 무역수지

국제 무역을 자세히 다룰 수 있는 정교한 모형이 아니라면 경상수지와 환율을 동시에 내생적으로 결정하는 것이 불가능해진다. 따라서 본 모형에서는 경상수지는 내생적으로 결정되지만 환율의 결정은 외생적으로 주어진 것으로 간주한다. 환율이 모형 내에서 내생적으로 결정되지 않고 모형 밖에서 외생적으로 주어지고 또한 정부에서 일정한 수준으로 관리된다고 가정하였으므로 무역수지의 불균형이 일어나서 무역수지의 흑자나 적자가 발생할 수 있다. 이러한 불균형에 대응하는 것으로 자본의 유입 혹은 유출이 있을 수 있다.

자본흐름, 즉 방정식체계의 식(33)으로 표현되는 내생적인 무역적자 혹은 흑자는 해외 차입 혹은 대출로 충당할 수 있다. 무역적자로 나타나는 초과수입을 위한 지불은 가계가 해외로부터 자본을 차입하여 충당한다고 한다. 한편 모형에서는 해외 순자산의 변화로 발생하는 국제적 소득은 고려하지 않는다. 무역수지의 불균형은 수입재에 대한 총지출과 해외 차입에 대한 이자지급액 그리고 수출재에 의한 총수입의 합으로 결정된다.

외환시장에서 총수입 지출은 총수출 소득과 순 외환유입의 합과 동일하다. 순 외환수입은 순 외채와 그에 대한 이자지급액의 합이다.

전기의 외채에 대한 이자지급액을 포함한 경상수지는 방정식체계의식(40)에 제시되어 있다.<sup>19)</sup> 방정식체계의 식(41)은 외채가 1년 만기의 자산으로 도입되었다는 것을 의미한다.

주석 8) 본 연구의 모형에서는 소득계층 및 자본소득과 노동소득에 대한 소비성향을 구분하지 않는다.

주석 9) 매크로-크로저법칙(macro-closure rule)에 대해서는 Dewatripont and Mitchel (1987), Ratts (1982), and Sen (1963)을 참조.

주석 10) 로그-선형 효용함수는 콥-다글라스 효용함수의 다른 표현임.

주석 11) 가계는 그들의 소득을 일반 소비재의 구입과 저축으로 사용한다. 가계의 저축 즉 민간저축은 일반적으로 금융기관을 통해 기업으로 대출되어 투자활동 즉 투자재의 구매에 사용되어진다. 본 모형에서는 기업의 투자결정부분이 내생화되어 있지 않고, 신고전 매크로 크로우저법칙에 의해 가계의 소비되고 남은 부분이 저축되어 투자가 결정되어 진다. 따라서 이러한 과정을 거쳐 가계가 생산부문의 산출물의 생산을 위한 투자재를 구매하는 것으로 보는 것이다. 그러므로 가계의 효용함수에서는 소비재는 물론 투자재도 포함되어 있으며, 가계는 자기의 예산을 투자재를 포함한 복합재 구매의 지출에 사용한다.

주석 12) 상품에 대한 간접세는 3가지가 있다. 따라서 국내생산가격은 국내재에 대한 소비자가격과 동일하지 않다.

주석 13) 에너지탄소세는 화석연료의 탄소함유량에, 에너지열량세는 화석연료의 발열량에 일정액을 부과하는 종량세이고, 에너지종가세는 화석연료의 가격에 비례하여 일정세율을 부과하는 종가세이다. 자세한 것은 후술되어 있다.

주석 14) 정부예산에서 적자의 비율은 기준년치(benchmark-year values)를 적용하는 것으로 가정한다.

주석 15) 전통적인 국제무역에서는 수입재와 국내 생산재가 소비에서 완전대체관계에 있는 것으로 가정하고 있으며 수출재와 국내생산재도 동질적이어서 국가경제가 어느 상품을 수입한다면 그 상품은 수출되지 않는 이른바 산업간 무역만이 이루어지는 것으로 가정하고 있다. 그러나 산업연관표나 기타 무역자료를 보면 동일한 상품 및 산업분류에 속하는 재화가 수입도 되고 수출도 되는 것을 볼 수 있다. 따라서 동일한 분류에 속하는 상품이나 재화도 생산지에 따라 어느 정도 제품이 차별화되어 있다고 볼 수 있어 소비에서 불완전 대체관계에 있는 것으로 생각할 수 있다. 이와 같이 생산지에 따른 상품의 차별화를 가정하는 것이 아밍턴가정이다.

주석 16) 수출용과 내수용 상품을 생산하는 기업들이 내수용 상품과 수출용 상품을 구별하여 생산하는 것으로 가정하여 수출수요의 추정을 위한 함수로는 주로 불변변환탄력성함수를 사용한다. 수출용은 해당 수입국시장에서 소비자들의 기호와 수입국의 각종 규제조건들을 충족시키도록 만들어야하는 반면 내수용은 내수시장의 기호와 국내의 규제조건들을 충족시키도록 만들어야하기 때문에 수출용제품과 내수용 제품을 완전히 동일한 제품으로 보기는 어렵다. 자세한 내용은 Decaluwe와 Martens(1998)를 참조.

주석 17) De melo and Robinson (1989) 은 이러한 단일국가, 무역중심의 CGE모형의 성질을 분석한 바 있다. 수입과 수출 두 측면에서의 상품차별화 모형은 응용 연구에 널리 쓰일 수 있다.

주석 18) 자세한 내용은 De Melo and Robinson (1985) 참조.

주석 19) 경상수지는 총 순해외자본에 대한 미지급액을 포함한다.

#### 4. 매크로-크로저 법칙(Macro-Closure Rule)

일반균형모형(CGE)모형에서 거시경제적 재정균형을 조정하는 것을 "매크로-크로저 법칙(macro-closure rule)"이라 한다. 다시 말하면 총 투자와 총 저축이 동일해지는 것을 의미한다.<sup>20)</sup>

모형에서는 저축을 고려하기 위해 투자재 구매를 소비자 효용함수에 삽입한다. 동태적 모형에서 소비자는 미래의 소비를 위해 저축을 하고, 현재에 투자재를 구매함으로써 미래의 자본 스톡(capital stock)을 증가시킨다. 그러나 본 일반균형모형(KEED)에서 투자재를 최종수요로 취급하게 된다. 대표적 가계(representative consumer)의 예산은 방정식체계의 식(20)으로 표시되며 조정과정을 거쳐 매크로-크로저 법칙(macro-closure rule) 즉, 총 저축과 총 투자가 같게 되는 것이다.<sup>21)</sup> 또한 가계의 예산은 가계의 가치분 소득과 정부예산 흑자와 무역적자의 합이다. 정부저축과 해외저축이 가계예산에 포함되는 이유는 첫째, 정부 예산적자나 흑자가 민간부문에 의해 조정되고, 둘째 모형에서 무역 활동을 대표하는 경제주체는 가계이고, 셋째 무역적자는 가계의 해외 차입을 통해 충당되기 때문이다. 따라서 자본공급의 변화를 설명하는 내생적인 요인은 민간 소비활동 뿐만 아니라 다른 주체의 복합된 활동으로부터 영향을 받는다. 매크로-크로저 법칙(macro-closure rule)의 영향은 민간 소비와 투자를 거쳐 경제 전체에 퍼져나간다. 본 연구에 사용된 일반균형모형(KEED)에서는 정부예산에서 적자의 비율이 기준년(Benchmark-year)값으로 고정되어 있다. 결국 모형은 순투자와 순저축을 일치시킨다. 순저축은 가계저축과 자본의 감가상각, 순정부예산 흑자, 그리고 해외자본 유입의 합이다.

변형된 신고전과 매크로-크로저 법칙은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 P_t I_t = & \left[ \sum_j (P_{Lj} L_{jt} + P_{Kj} K_{jt}) \right] \\
 & - \left[ t_t \sum_j (P_{Lj} L_{jt}) + tk_t \sum_j (P_{Kj} K_{jt}) \right] \\
 & - r_t ER_t FB_{t-1} + TRG_t + BS_t + TD_t - \sum_j P_{Cj} C_{jt}
 \end{aligned}$$

여기서  $P_t$ 는 t기의 투자재의 가격,  $I_t$ 는 t기의 투자재를  $C_{jt}$ 는 최종 소비재를 의미한다.

주석 20) 매크로-크로저 법칙(macro-closure rule)에 대한 상세한 내용은 Dewatripont and Mitchel (1987), Ratts(1982), and Sen(1963) 참조.

주석 21) 국민소득 항등식에 의하면,  $Y=C+I+G+(X-M)$ 가 성립되어야한다. 그러므로  $I=Y-C-G-X+M$ 이다. 또한 가계의 가치분소득( $Y_d$ )은  $Y_d=Y-T$ (세수)이므로  $Y=Y_d+T$ 로 쓸 수 있다. 따라서  $I=Y-C-G-X+M=Y_d+T-C-G-X+M=Y_d-C+(T-G)-(X-M)=Y_d-C+$  예산 흑자+무역적자=민간저축+정부저축+해외저축이다. 그러므로 투자(I)는 민간저축( $Y_d-C$ ), 정부저축( $T-G$ )과 해외저축( $X-M$ )의 합과 같게된다. 여기서 C는 민간소비, I는 민간투자, G는 정부지출, X는 수출, M은 수입, T는 총세수를 의미한다.

## 5. 균형

모형에서 모든 내생변수는 동시에 결정된다. 균형해는 부문별 공급함수와 수요함수가 동시에 상호 작용하여 결정된다. 의사결정자가 가격에 수동적으로 반응한다는 의미에서 가격이 매개변수의 역할을 한다고 말할 수 있고 이러한 반응이 수요와 공급 스케줄을 결정한다.

매기마다 균형은 시장에서 수요와 공급을 일치시키는 재화와 본원적 요소의 가격으로 나타난다. 유일해의 조건이 충족된다면, 경제내의 모든 경제주체의 최적화행위에 의해 수요와 공급이 일치하게 되는 유일한 가격벡터가 존재하게 된다. 알고리즘에 의해 탐색되는 기본적인 균형해는 자본재의 가격과 임금, 그리고 석탄, 석유, 가스를 포함한 재화의 가격이다. 환경정책 모의실험에서 알고리즘은 앞서 언급한 것 이외에도 탄소배출량 제한조건을 충족시키는 에너지탄소세, 에너지중량세, 에너지중가세를 계산해낸다.

방정식체계의 식(29)은 가격 정규화(price normalization)방정식으로 상대가격체계를 계산하기 위해 필요하다. 본 일반균형모형(KEED)에서는 금융부문이 없기 때문에 즉 실물과 화폐의 관계에 의한 물가수준을 모형내에서 결정할 수 없기 때문에 절대가격 수준을 알려면 모

형 밖에서 물가수준을 추정하여 외생적으로 모형에 연결시켜야 한다.  
또한 재화시장을 만족시키게 되는 균형식은 다음과 같다.

(식 3-25)

$$D_{it} + M_{it} = C_{it} + G_{it} + V_{it}$$

여기서  $D_{it}$ 는 국내시장에서 재화  $i$ 의 공급량,  $M_{it}$ 는 수입된 재화  $i$ 에 대한 수요량,  $C_{it}$ 는 가계의 복합재  $i$ 수요량,  $G_{it}$ 는 국내재  $i$ 수요량,  $V_{it}$ 는 경제전체에서 복합재  $i$ 에 대한 중간수요량이다.

노동시장, 자본시장의 시장청산(market clearing)조건은 방정식체계의 식(38)-(39)과 같고, 자본, 노동, 화석연료에 대한 가중평균가격은 방정식체계의 식(34)-(36)으로 나타내며, 가중평균한 세후 국내생산재화의 가격은 방정식체계의 식(30)으로 나타낼 수 있다.

모든 공급함수와 수요함수는 영차 동차함수로 가정한다. 따라서 수요량과 공급량의 결정에 있어서 중요한 것은 상대가격이다. 가격 정규화 방정식인 통화교환비율기준(numeraire)을 이용하여 모든 가격을 디플레이트한다. 분석의 편의를 위해 모든 가격은 기준년도에 1이라고 가정한다. 이런 방식으로 기준년도 자료(benchmark data set)는 화폐단위로 변환하고 물량단위로 나타낼 필요는 없다. 가격은 기준년도에 1로 정하고 재화는 기준년도 불변가격으로 추정된다. 그러나 석탄, 석유, 가스는 배출량 계산을 위해 기준년도 불변가격과 물량단위로 추정한다.

매기마다 요소의 가격이 부문별로 동일하다는 가정은 임금과 자본재의 가격확산과 모순되는 결과를 낳는다. 그러나 노동과 자본은 실제로 관측된 물량적인 단위와는 다른 유효단위로 측정된 것을 의미한다. 이러한 가정 하에서 산업부문별로 생산요소의 차이는 조정된 단위로 환산된 크기의 차이와 같다. 이러한 조정을 하는데 있어서 합리적인 가정은 생산요소의 상대가격이 유효단위의 생산요소의 수요량에 반영된다. 매기마다 기본 가격은 균형상태에서 결정된다.

## 6. 동태화

본 일반균형모형(KEED)은 축차적 동태모형이다. 시간의 흐름은 성장이나 노동과 자본의 축소로 표현된다. 경제주체는 근시안적(myopic)이고 가격과 수량에 대한 정태적 기대에 기초하여 의사결정을 내린다고 가정한다.<sup>22)</sup> 동태방정식(Intertemporal linkage equation)은 외생변수와 모수를 모형 내에서 시간에 따라 변화시켜줌으로써 설정된다. 이러한 방정식은 일반균형모형에서 다음기에 필요한 외생변수를 결정해주고, 이러한 외생변수를 이용하여 새로운 균형점을 계산해낸다. 모형의 해는 현재와 과거의 변수에 의존해서 각 기의 해를 축차적으로 구한다. 그러므로 시간에 따른 경제의 발전은 각 기의 균형점에서의 해가 축차적으로 연결되는 특징을 갖고 있다.<sup>23)</sup> 고용증가와 자본축적은 경제내의 총요소성장을 결정짓는다. 본 일반균형모형(KEED)의 동태화는 모형내에서 결정되는 자본의 축적과정과 모형 밖에서 외생적으로 주어진 노동의 성장과 시간을 연결해주는 동태적 행위방정식 및 추세방정식을 사용하여 표시된 시간차이의 구조에 의해 이루어진다.<sup>24)</sup>

### 가. 자본축적

매기마다 자본스톡은 자본축적 함수에 의해 결정되고, 자본축적 함수는 현재의 자본스톡( $K_t$ )을 감가상각( $\delta_{t-1} K_{t-1}$ )을 뺀 전기의 자본스톡( $K_{t-1}$ )과 전기의 총투자( $I_{t-1}$ )의 합이 일치하도록 만든다. 이러한 자본축적 함수는 다음과 같다.



(식3-26)

$$K_t = (1-\delta)K_{t-1} + I_{t-1}$$

여기에서  $\delta_t$  는 감가상각율을 나타낸다.

경제에 균일한 하나의 자본재가 완전 분리가 가능하며, 산업부문사이에 이동이 가능하다고 가정한다. 그래서 비용없이 재배치할 수 있다. 이러한 가정 하에 환경세를 부과하면 산업별 자본과 노동의 분배에 영향을 끼치게 된다. 금번기의 총자본량은 전기의 감가상각분을 제외한 자본량과 전기의 투자에 의해 결정되므로 금번기에 공급되는 자본의 총량은 이미 결정되어 있다. 산업부문간의 자본의 배분은 자본시장에서 결정된다. 금번기의 자본스톡은 전기의 민간투자와 정부투자에 의해 축적된다. 다시 말하면 정부는 생산을 위해서가 아니라 공공서비스를 공급하기 위해 자본재를 구매한다. 공공서비스는 민간부문의 한계생산성 향상에 기여하기 때문에 민간생산의 투입요소로 간주할 수 있다. 민간 자본의 한계생산은 공공자본의 한계생산과 동일한 것으로 가정한다. 그래서 현재의 자본공급은 전기의 자본스톡과 감가상각율, 그리고 전기의 투자재에 대한 민간, 공공의 수요에 의해 결정된다. 방정식체계의 식 (13)은 자본축적 과정을 나타내고 있다.

#### 나 . 노동성장

매 기의 총 노동공급량은 전기의 총 노동공급에 노동성장율을 곱한 현재의 기의 노동 증가량과 전기의 총 노동공급량을 합한 것이다. 총 노동 공급방정식은 다음과 같다.

(식 3-27)

$$L_t^S = (1+n)L_{t-1}^S, \quad L_0^S = \bar{L}_0$$

여기서  $n$ 은 각  $t$ 의 노동성장율이고,  $L_0$  는 기준년의 총 노동공급량이다. 각기의 노동성장율은 인구증가율과 여성의 노동참여증가율의 합이다.<sup>4)</sup> 완전고용상태를 가정하였기 때문에 실업율은 제로이다. 본 모형에서는 연평균 노동성장율을 일정하다고 가정하였다.

주석 22) 모형에서의 정태적 예측(static expectation)의 채택은 현실의 경제활동과 일치하지 않는다. 그러므로 미리 예고된 탄소세의 시행과 같은 정책은 현실경제와 달리 모형에서는 탄소세가 시행되는 시점까지는 경제주체의 경제행위나 시장의 산출물에 영향을 주지 않는다. 예측에 대한 가정을 채택하는데 있어서 하나의 대안은 완전 예측(perfect foresight)을 가정하는 것이다. 완전예측을 가정하는 것도 현실경제와는 차이가 있다.

주석 23) 대부분의 동태적 일반균형모형에서와 마찬가지로 균형경제성장경로가 모형에서 필연적으로 구해지는 것은 아니지만 모수들의 적절한 값을 추정(calibration)하여 균형성장경로를 구할 수 있다. 이러한 균형성장경로를 구할 수 있는 추정방법은 여러 가지가 있기 때문에 모형에서 구한 해가 필연적으로 유일한 것은 아니다.

주석 24) 기본모형에서 시간에 따라 모수의 변화를 허용하지 않는다 하더라도 모형경제의 구조의 변화를 대표하는 모수값의 주기적 변화를 허용함으로써 민감도분석을 할 수 있다.

주석 25) 추세변수는 1981년부터 1990년 동안의 연평균 증가율을 사용하였다.

#### 7. 환경

가. 이산화탄소 배출 제약식

이산화탄소의 양( $CO_{hit}$ )은 특정 시기  $t$  에 특정 부문  $j$ 에서 특정 연료  $h$ 를 소비함으로써 발생한다.  $j$  부문에서 발생한 총 이산화탄소의 양은 다음과 같다.

(식 3-28)

$$CO_{jt} = \sum_h CO_{hjt}$$

$j$  부문에서 특정 연료의 소비로 인해 배출되는 이산화탄소의 양은 다음과 같다.

(식 3-29)

$$CO_{hjt} = \sum_j CO_{hjt}$$

산업부문에서 특정 화석연료의 소비로 발생하는 이산화탄소의 양은 탄소-연료계수( $\omega_{hjt}$ )와 관련을 맺고 있다. 특정 시기  $t$  에 특정 부문  $j$ 에서 특정 연료  $h$ 를 소비함으로써 발생하는 이산화탄소의 양은 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

(식 3-30)

$$CO_{hjt} = \omega_{hjt} E_{hjt}$$

여기에서  $\omega_{hjt}$  는 이산화탄소-연료계수이며, 그 수치는 연료의 종류에 따라 다르다.<sup>26)</sup> 이러한 단순한 관계식은 온실가스 발생량을 예측하는데 흔히 사용된다. 계산과정은 모든 상호작용을 고려하면서 경제성장을 포함하여 예측된 다른 특성과 조화를 이뤄야 한다. 다음과 같은  $CO_2$  배출 제약식이 있다.

$t$  기의  $j$  부문의  $CO_2$  배출 제약식은 다음과 같다.

(식 3-31)

$$CO_{jt}^D = \sum_h CO_{hjt} = \sum_h \omega_{hjt} E_{hjt} \leq \overline{CO}_{jt}$$

$t$  기의 경제 전체의  $CO_2$  배출 제약식은 다음과 같다.

(식 3-32)

$$CO_t^D = \sum_j \sum_h CO_{hjt} = \sum_j \sum_h \omega_{hjt} E_{hjt} \leq \overline{CO}_t$$

여기서  $\omega_K$  는 1차에너지,  $h$  는 단위 소비당 발생하는  $CO_2$  배출량을 나타내고,  $\omega_{hjt}$  는 특정시기  $t$  에 특정부문  $j$ 에서 특정연료  $h$  의 단위 소비당 발생하는 이산화탄소 발생량,  $CO_{hit}$  는 특정 시기  $t$  에 특정 부문  $j$ 에서 특정 연료  $h$ 의 사용으로 발생하는 이산화탄소량, 는 경제전체에서 이산화탄소 배출이 허용되는 이산화탄소 배출 허용량을 가리킨다.

나. 정책수단

이산화탄소 배출 억제를 하기 위한 정책수단으로 배출한도를 정해 강제적으로 할당하는 직

접규제수단과 에너지탄소세, 에너지열량세와 에너지증가세와 같은 조세수단을 생각할 수 있다. 이후 조세수단에 관한 설명을 하기로 한다.

### 1) 에너지 탄소세

에너지 탄소세는 화석연료에 함유된 탄소톤당 일정한 금액을 화석연료에 부과하는 것이다. 따라서 에너지증가세에 비교하였을 때, 에너지 당 탄소세의 수준이 에너지가격변화에 따라 달라지지 않는다. 석유, 석탄, 천연가스등 화석연료에 함유된 탄소량, 즉 CO<sub>2</sub>-배출계수가 다르므로 화석연료원에 따라 탄소세액이 달라진다.<sup>27)</sup> 그리고 1차 에너지의 사용수준에 적용된다. 즉 국내화석연료와 수입된 화석연료에 대해 동등하게 적용된다.<sup>28)</sup> 에너지탄소세는 정제석유제품의 간접세와 선행하여 부과된다.

에너지탄소세는 일반균형모형에서 탄소톤당 일정액의 에너지탄소세를 부과하여 이에 따른 경제적 비용과 이산화탄소 배출 감축량을 구하는 방법과 총 배출량에 대한 제한이 주어졌을 경우, 이를 억제하기 위한 에너지탄소세액과 경제적 비용을 구하는 방법 등으로 사용할 수 있다. 두 경우 모두 연료별 최종적인 세금수준은 연료별 배출계수에 기초하여 연료에 따라 차등을 둔 세금으로 환산할 수 있다.

### 2) 에너지열량세

에너지종량세는 발열량당(예를 들어, TOE당) 고정된 화폐액으로 표현된다. 에너지종량세는 화석연료에 함유된 발열량을 기준으로 화석연료에 과세하는 것이다. 각각의 1차 에너지원은 발열량당 탄소함유량이 서로 다르기 때문에 에너지열량세는 산업별로 CO<sub>2</sub> 배출 저감의 한계비용을 일치시키지 않는다. 에너지탄소세와 마찬가지로 에너지열량세도 일반균형모형에서 발열량과 일정액의 에너지열량세를 부과하여 이에 따른 경제적 비용과 이산화탄소 배출 감축량을 구하는 방법과 총 배출량에 대한 제한이 주어졌을 경우, 이를 억제하기 위한 에너지열량세액과 경제적 비용을 구하는 방법 등으로 사용할 수 있다. 두 경우 모두 연료별 최종적인 세금수준은 연료별 배출계수에 기초하여 연료에 따라 차등을 둔 세금으로 환산할 수 있다.

온실가스 배출을 억제하는 수단으로서의 에너지열량세는 직접적으로 외부성에 과세하지 않는다는 의미에서 차선의 세금이다. 에너지탄소세는 직접적으로 외부성을 유발하는 활동에 과세하는 반면에, 에너지열량세와 같이 이산화탄소를 직접 배출하는 것에 부과하는 것이 아니라 에너지 함유량에 부과하는 것은 정치적 수용가능성이 더 높다. 에너지 탄소세는 수요함수를 밀어올림으로써 배출량을 직접적으로 줄인다. 그리고 소비자로 하여금 탄소세를 덜 함유한 에너지원으로 옮겨가게 함으로써 간접적으로 줄인다. 에너지열량세는 직접적으로는 에너지소비를 감소시킴으로써 간접적으로 이산화탄소의 배출을 줄인다. 에너지열량세는 석탄, 석유, 가스등의 화석연료의 가격과 수요에 영향을 미친다.

### 3) 에너지증가세

에너지증가세는 간접소비세이고 화석연료의 화폐가치에 비례하여 적용되는 세금으로 모든 종류의 에너지원에 적용된다. 각각의 에너지원은 특정량의 탄소를 함유하고 있기 때문에 에너지증가세는 산업별로 CO<sub>2</sub> 배출 저감의 한계비용을 일치시키지 않는다. 에너지탄소세와 에너지열량세와 마찬가지로 에너지증가세도 일반균형모형에서 화석연료의 가격에 일정율의 에너지증가세를 부과하여 이에 따른 경제적 비용과 이산화탄소 배출 감축량을 구하는 방법과 총 배출량에 대한 제한이 주어졌을 경우, 이를 억제하기 위한 에너지증가세율과 경제적 비용을 구하는 방법 등으로 사용할 수 있다.

주석 26) 이산화탄소 배출계수에 관한 자세한 설명은 IPCC(1996)와 Amano(1990)를 참고하십시오.

주석 27)본 일반균형(KEED)모형에서는 전력산업에서 원자력발전이나 수력발전과 같은 이산화탄소 배출이 없는 발전부문을 따로 분리하지 않았기 때문에 전력산업에서 이산화탄소 배출이 없는 발전의 비중이 일정하다는 것을 묵시적으로 가정하고 있다. 즉 발전부문에서 정책실험기간인 1990년부터 2010년까지는 에너지탄소세 부과에 의해 화석연료를 사용하여 발전하는 것에서 이산화탄소 배출이 없는 발전으로의 대체가 없다는 것을 의미한다.

주석 28) 탄소세를 부과하는 다른 방법은 에너지 생산시점 즉, 석탄광산 또는 석유생산정에 부과하는 것이다. 자세한 것은 Whalley Wiggle (1991)을 참조하시오.

## IV. 일반균형모형의 연산화

### 1. 사회회계행렬과 자료

일반균형모형의 연산화는 현실경제의 정보시스템인 사회회계행렬(social accounting matrix : SAM)에 기초하여 구축되어진다. 사회회계행렬은 경제구조의 초기 정보와 산업의 생산구조, 산업별 부가가치, 생산요소와 가계에 대한 부가가치의 분배방식을 제공하는 체계적인 자료시스템이다. 실증분석에서 이러한 자료시스템은 기준년도(base year)의 경제가 균형상태에 있다고 가정하고 구축된다. 기준년도의 균형경제는 국민계정 자료와 기타 관련정보를 일관성있게 미조정함으로써 구현된다. 일반균형모형의 매개변수들은 사회회계행렬에서 얻어지는 정보와 연결하여 결정하며, 일반균형모형의 모든 균형조건을 만족하도록 조정되어진다. 조정된 매개변수의 값을 사용한 모형의 기준년도의 해는 사회회계행렬내에 있는 균형경제자료와 정확하게 일치된다. 이러한 제약을 가함으로써 기준년도의 경제로부터 매개변수의 값을 정하는 방법은 비확률적인 것이다.

본 연구의 연산일반균형모형(KEED)은 1990년 한국경제의 사회회계행렬을 기초로 개발되었으며, 정책대안과 관련된 정책변수의 설정이나 매개변수의 수치조정 등을 통해 모의실험분석이 수행되었다. 정책대안에 대한 모의실험분석(Counterfactual Analysis)은 새로운 정책을 시행 할 때 구하여진 새로운 균형경제와 현재의 경제상황을 반영한 기존의 균형경제를 비교 분석하여 새로운 정책에 대해 평가를 하는 것이다.

이후 사회회계행렬의 기본 개념을 살펴보고, 1990년 한국 경제의 특징을 내포하고 있는 사회회계행렬을 수치화하고 사용된 자료를 설명하고자한다. 사회회계행렬을 분석에 사용하기 위해서는 연구의 목적에 부합하도록 내생부문을 판별하여야 한다.

#### 가. 사회회계행렬의 기본 개념

사회회계행렬은 경제 내에서 사회경제적 정보의 순환적인 흐름을 조직화한 것이다. 또한 소득의 창출, 이전, 재분배에 관한 포괄적인 구도를 제공해 준다. 전통적인 산업연관분석에서는 연속적인 지출의 체계를 포착할 수 없다. 일반적으로 사회회계행렬은 생산활동, 정부, 요소투입, 기업, 가계, 자본, 해외부문과 같은 다수의 계정으로 구성된다. 사회회계행렬은 현재의 경제적 상황을 평가할 수 있는 자료체계(data framework)와 정책 및 개발계획을 위한 분석도구를 제공한다. 통상적으로 행과 열은 부문별 소득과 지출계정을 나타내고, 자료는 제조조정되고, 일관된 구도로 통합되어야 한다.<sup>29)</sup> 한 행의 지출의 합은 그에 상응하는 열의 수입의 합과 같아야 한다.

사회회계행렬에서 생산, 소비, 자본축적, 국제거래는 필수적인 활동이다. 이러한 활동은 요소투입의 배분, 요소의 가계소득에 대한 기여, 가계에 의한 재화와 서비스의 구매와 같은 인과관계에 의해 포착된다.

#### 나. 사회회계행렬의 수치화

사회회계행렬의 구성 및 추정방법을 소개한다. 추정된 한국의 사회회계행렬은 요소소득, 생산자, 가계, 정부, 자본과 해외계정으로 구성되어 있다.

본 모형에서 사용된 사회회계행렬의 기본구조와 1990년의 한국경제에 대한 사회회계행렬(benchmark numerical SAM)이 <표 IV-1>에 요약 정리되어 있다. 이 표는 1990년의 우리나라의 경제주체간의 명목소득과 지출의 흐름을 보여준다. 또한 사회회계행렬은 명목소득과 산출물, 그리고 투입-산출관계도 포함하고 있다. 각각의 셀은 열에서 행으로의 지급을 나타낸다. 열의 합은 행의 합과 동일해야 한다.

본 연구에서 사회회계행렬은 18개의 생산부문으로 구분된 생산활동계정, 가계, 정부, 해외, 자본(저축=투자), 요소 등 6개의 계정과 상품계정을 추가로 가지고 있다. 상품계정은 국내의

생산자에 의한 국내공급과 해외생산자로부터의 수입을 합하여 국내시장의 총공급을 나타낸다. 총흡수(absorption)는 국내공급에 수입과 관세를 더하고 여기서 수출을 뺀 수치이며, 총상품계정과 동일하다. 흡수(absorption)는 국내산출물 가치와 국내시장에서 판매된 해외산출물 가치의 합과 같다. 상품계정은 18개의 하위상품계정으로 구성되며 18개의 상품을 나타낸다. <표 IV-2>에 생산부문의 세분류인 18개의 생산활동이 요약되어 있다.

생산활동계정은 투입-산출표의 생산부문과 동일하다. 예를 들어 투입-산출표에서 산업간 흐름은 사회회계행렬의 생산부문의 세분류인 18개의 행과 열로 통합된다. 사회회계행렬의 생산부문의 세분류의 열과 행은 18개의 산업부문에 해당된다.

<표 IV-1> 1990년 한국의 사회회계행렬

[1990년 불변가격: 조원]

지출											
		생산		요소		제도		자본계정		세계	합계
		재화	활동(생산)	노동	자본	가계	정부	민간	정부		
생산	재화		중간투입재 238648			소비 89572	소비 18190	투자 66459	투자 9052	75511	총흡수 421921
	활동	국내공급 363991								수출 53155	총산출 417146
요소	임금		임금 79462								노동 소득 79462
	자본		자본소득 82407								자본 소득 82407
제도	가계			노동 79462	자본 82407					자본 유입 -1276	가계 소득 160593
	정부	판세 4189	간접세 16629	근로세 6446	자본세 7477	직접세 13923					정부 수입 34741
자본 계정						민간 저축 57099	정부 저축 16551			해외 저축 1861	총저축 75511
세계	수입 53740										총수입 53740
총계	총공급 421921	총투입 (비용) 417146	요소 소득 161869			지출 160593	지출 34741	총투자 75511		총수출 53740	

<표 IV-2> 사회회계행렬의 생산활동부문

[1990년 불변가격: 조원]

생산활동										
	소계	[1]Agr	[2]Min	[3]Foo	[4]Tex	[5]Pup	[6]Chb	[7]Chp	[8]Sto	[9]Iro
재화	중간									
소계	238648	7432	472	22124	24048	3433	3622	15392	4595	14738
[1]Agr	27765	1964	2	13147	1592	65	1	311	0	0
[2]Min	2822	5	0	19	6	15	242	68	962	566
[3]Foo	11202	2044	0	3513	972	11	13	192	0	0
[4]Tex	15521	107	12	33	12138	40	4	277	19	14
[5]Pup	5551	35	0	409	297	2128	5	253	140	6
[6]Chb	7361	7	2	165	234	98	1471	4663	147	59
[7]Chp	18695	943	33	782	3651	225	57	4764	141	94
[8]Sto	8114	18	1	120	41	30	13	225	1053	279
[9]Iro	19459	11	2	11	20	12	2	30	52	10421
[10]Nfe	4831	3	0	5	14	25	9	137	14	311
[11]Man	41655	444	118	714	723	79	107	635	298	373
[12]Con	4045	63	20	23	17	4	11	24	7	74
[13]Tra	6888	211	21	346	374	52	73	266	270	203
[14]Ser	53719	1148	164	2537	3327	462	414	2907	774	1105
[15]Eel	4648	49	43	153	430	114	168	348	228	420
[16]Eco	2558	11	0	1	1	1	38	55	181	668
[17]Eoi	13178	368	51	140	209	71	969	215	302	141
[18]Ega	634	0	0	6	3	0	24	23	5	5

<표 IV-1>에서 계속

활동(생산)									
	[10]Nfe	[11]Man	[12]Con	[13]Tra	[14]Ser	[15]Eel	[16]Eco	[17]Eoi	[18]Ega
소계	2449	52760	23652	7600	45667	2523	1639	5908	594
[1]Agr	1	37	48	0	561	0	36	1	0
[2]Min	463	36	387	4	2	0	0	48	0
[3]Foo	0	1	0	0	4456	0	0	0	0
[4]Tex	9	934	1281	43	582	0	27	2	0
[5]Pup	4	1313	132	7	816	0	0	5	0
[6]Chb	53	296	23	3	99	3	2	34	2
[7]Chp	26	3959	1410	310	2016	170	24	90	0
[8]Sto	12	1279	4909	11	109	2	6	6	0
[9]Iro	11	6653	2141	10	61	0	11	12	1
[10]Nfe	1353	2635	295	2	25	0	2	1	0
[11]Man	57	25170	5118	1073	6443	114	63	118	5
[12]Con	4	71	110	32	3265	296	12	10	1
[13]Tra	48	841	760	1517	1626	51	188	35	4
[14]Ser	257	8668	6320	2304	22631	306	103	221	70
[15]Eel	90	508	81	104	1407	433	47	20	3
[16]Eco	21	13	5	4	133	315	1106	2	2
[17]Eoi	38	336	630	2175	1343	488	12	5288	403
[18]Ega	1	11	3	2	92	342	0	14	102

과 행은 18개의 산업부문에 해당된다. 생산활동계정은 총수입을 열을 따라 생산자, 가계, 정부에게 지급하고, 재화를 행을 따라 국내시장과 해외시장에 판매한다. 열합계는 시장가격으로 평가한 총비용과 같아지고, 여기서 총비용은 간접세를 포함한다. 생산활동계정은 국내생산물의 가치를 포함하게 되는데, 부가가치는 가계에 요소소득으로 지급된 부가가치와 간접세로 정부에 납부된 부가가치로 구성된다. 국내에서 생산된 재화가 다양한 수요자에게 이동하는 것은 생산활동계정의 행에 나타난 화폐의 흐름에 대응한다. 상품계정은 국내생산과 수입으로 공급되는 양을 포함하여 모든 생산품에 해당한다. 해외로 판매되는 양을 나타내는 수출은 상품계정에 포함되지 않는다. 따라서 수출과 수입은 비대칭적으로 취급된다.

요소계정은 생산요소에 대한 지급(행)과 요소소득의 재분배(열)를 가리킨다. 이 계정은 가계에 지급되는 요소소득 즉 노동소득, 자본소득으로 상대적으로 단순하다. 이전소득과 정부, 해외에 지급된 세금 때문에 해당요소의 소득에는 차이가 있다. 그래서 요소계정은 임금과 자본소득을 생산자에서 가계로 이동시키는 이전계정(transfer account)과 같은 역할을 한다.



주요 경제주체로 생산자, 가계, 정부를 꼽을 수가 있는데 가계와 정부계정은 그들의 소비 또는 지출행태의 차이로 분리해서 취급한다. 가계계정에서는 어디서 가계가 소득을 취하고 또 어떻게 소득을 처분하는지를 보여준다. 가계는 요소소득과 정부가 지급하는 이전소득을 수취하고, 정부에 간접세를 납부하고 투자재를 포함한 여러 재화를 구매한다.<sup>30)</sup> 정부계정에서 정부의 총수입은 총지출에 예산흑자를 합한 것과 같다. 정부소득의 원천은 직접세, 환경 관련세를 포함한 간접세, 관세, 정부저축 등이다.

사회회계행렬에서 해외계정은 외환의 원천(열)과 그것의 처분(행)을 나타낸다. 수출과 해외차입으로 생기는 외환수입은 가계나 생산자에게 분배되고 이러한 수입은 에너지자원이나 중간재, 최종재를 구매하는데 쓰인다. 모든 해외계정에서 가계계정으로 이동된다.

해외저축(무역적자)은 해외계정에서 자본계정에 지급된 것으로 간주한다. 해외계정의 합은 총수입과 동일하다. 해외계정에서 무역부문은 달러가격에 환율을 곱해서 평가한다.

자본계정은 가계저축, 정부저축, 해외저축을 모아 투자재를 구매하는 역할을 하기 때문에 투자를 저장한 곳으로 생각할 수 있다. 사회회계행렬에서는 여러 종류의 저축을 구분하고 있지만 어느 부문에서 자본이 증가하는지는 알 수 없다. 사회회계행렬에서 자본계정은 매크로-크로저 법칙(macro-closure rule; 총저축과 총투자가 일치), 그리고 가계, 정부, 해외국가의 재정 활동을 반영한다.

사회회계행렬의 유용성은 그것이 다양한 경제주체의 행위를 모형 내에 삼입하여 그들의 계정을 통합한다는 데에 있다. 모형을 실행하는 경우에는 적어도 기준년도에 대한 자료가 필요하다. 사회회계행렬은 여러 종류의 개별적인 많은 자료들을 조정하여 사회회계행렬 전체가 일관되게 만들어진다.<sup>31)</sup>

#### 다. 자료

여러 자료원으로부터 취합한 기준년도 자료들(benchmark-year data set)을 이용하여 시물레이션을 실시한다. 사회회계행렬에 사용되는 자료는 한국은행, 경제기획원, 에너지경제연구원 등에서 발행한 산업연관표 등의 다양한 통계자료로부터 얻어진다.

사회회계행렬은 일반적으로 한국은행에서 발행하는 국민계정, 산업연관표, 산업자원부와 에너지경제연구원이 발행하는 에너지통계연보, 통계청에서 발행하는 한국경제의 주요통계지표 외에 기타 많은 자료를 참조하여 만들어진다. 특히, 산업연관표는 투입-산출계수, 중간수요와 최종수요, 그리고 부가가치의 구조 등 많은 정보를 제공해 주고 있다.

사회회계행렬을 추정할 때, 자료의 변화과정을 거쳐 산업연관표가 균형조건을 유지하도록 하여야 한다. 사회회계행렬의 원소들 중 대부분은 산업연관표, 산업간 거래내역, 국가간 거래내역과 같은 원천에 기초하여 얻어지는데, 이러한 원천은 일반적으로 분원적 생산요소, 생산, 최종수요, 그리고 석탄, 석유, 가스, 전력의 에너지 발란스(energy balance)와 관련된 기본적인 수치를 제공해 준다.

생산부문은 한국은행에서 발간한 산업연관표에 기초하여 만들어지고 본 일반균형모형(KEED)은 이 자료를 이용하여 전체경제가 18개의 생산활동으로 구성되게 조정하였다. 특별히 주의해야 할 점은 에너지와 환경부문이 물량단위로 표시되어야 한다는 점이다. 최종수요와 간접세, 보조금과 같은 다른 자료는 산업연관표에서 구할 수 있다.

주석 29) 사회회계행렬을 작성하는데 발생하는 통계적 문제점들에 관한 논의는 Stone(1997)을 참조하시오.

주석 30) 가계는 그들의 소득을 일반 소비재의 구입과 저축으로 사용한다. 가계의 저축 즉 민간저축은 일반적으로 금융기관을 통해 기업으로 대출되어 투자활동 즉 투자재의 구매에 사용되어진다. 본 모형에서는 기업의 투자결정부문이 내생화되어 있지 않고, 신고전 매크로 크로우저법칙에 의해 가계의 소비되고 남은 부분이 저축되어 투자가 결정되어진다. 따라서 이러한 과정을 거쳐 가계가 생산부문의 산출물의 생산을 위한 투자재를 구매하는 것으로 보는 것이다.

주석 31) 사회회계행렬을 만드는 방법에 대한 자세한 것은 Dervis et al(1982)을 참조.

## 2. 모수 추정

일반균형모형의 이론적인 틀은 모형의 전체 구조식의 매개변수에 현실 경제구조를 가장 잘 나타낼 수 있는 적정한 수치를 계량경제학적인방법, 기타 적정한 방법 등을 이용하여 추정함으로써 완성된다. 기준년도(benchmark year)의 정보를 복제하기 위해서는 일반균형모형(KEED)이 매개변수화 과정을 거쳐야 한다. 일반균형모형(KEED)에는 많은 수의 행동 매개변수가 존재한다. 시뮬레이션을 실시하기 위해서는 이러한 매개변수에 수치를 지정해야 한다. 일반균형(KEED)에서 중요 매개변수에 실증분석에 기초하여 특정 수치를 통상적으로 할당하고 있다. 그리고 다른 매개변수들은 경제가 정상균형상태에 있다는 가정하에 기준년도의 자료들(benchmark-years data set)을 복제할 수 있도록 조정된다. 여기에서는 중요 매개변수를 결정하고 이들에 수치를 부여한다. <표 IV-3>와 <표 IV-4>에 이러한 변수들의 수치를 제시하고 있다. 비록 매개변수의 수치가 사회회계행렬을 이용하여 계산되고 선행연구의 결과를 참조하고 있지만 단순화를 위해 많은 것을 가정하였다. 본 동태적 다부문 일반균형모형(KEED)에서 중요 외생적인 변수에 관해 요약하면 다음과 같다.

- 다양한 생산단계에서 산업별 투입요소간의 대체탄력성, 에너지와 노동/자본의 본원적 복합생산요소간의 대체탄력성( $\rho_{\nu_j}$ )은 선행연구결과를 참조한다.<sup>32)</sup> 화석연료간의 결합인 화석연료집계함수와 노동과 자본의 결합인 부가가치함수에 콥-다글라스 함수를 사용했으므로 화석연료 즉 석유, 석탄, 가스사이의 대체탄력성과 노동과 자본간의 대체 탄력성은 1로 간주한다.
- 각 생산부문에서 중간재와 화석연료의 국내재와 수입재의 대체탄성( $\rho_{m_{ij}}$ )과 가계부문에서의 국내재와 수입재의 대체탄력성( $\rho_{c_i}$ )은 문헌조사로 구한다<sup>33)</sup>. 각 재화별로 모든 생산 부문과 가계 부문에서의 국내재와 수입재의 불변대체탄력성(CES)함수의 대체 탄력성의 값은 동일하게 부여한다. 이러한 작업은 비현실적이지만 매개변수의 수치를 결정하는데 지침으로 삼을 수 있다.
- 소득과 가계, 정부수요의 자기가격탄력성은 로그-선형 효용함수로부터 얻은 것과 동일하다고 간주 한다.
- 고정투입-산출계수( $a_{ij}$ )는 1990년 산업연관표에서 구한다.
- 자본의 감가상각율( $\delta_i$ )은 산업별로 동일하다고 가정한다<sup>34)</sup>. 이 수치는 거시계량경제자료(macro-econometric data)에서 구한다.
- 화석연료에 대한 CO<sub>2</sub> 배출계수( $\omega_h$ )는 문헌조사로 구한다.

모든 일반균형모형이 그렇듯이 매개변수 크기 그 자체가 절대적으로 중요한 것은 아니다. 오히려 매개변수 선택에 따라 시뮬레이션 결과의 민감도가 중요할 수 있다. CO<sub>2</sub>-배출계수나 감가상각율과 같은 매개 변수의 결정은 비교적 용이하지만, 다른 매개변수는 불확실성 때문에 그렇지 않다. 불확실한 매개변수가 시뮬레이션 결과에 어떤 영향을 끼치는지를 파악하는 것이 중요하다.

<표 IV-3> 모수 및 외생변수

	$tm_{jt}$	$td_{jt}$	$\beta c_i$	$\beta x_j$	$\beta v_j$	$\beta e_j$	$uc_i$	$ug_i$
[1] Agr	0.04110	0.00914	0.14691	1	2.36620	66.35488	0.04292	0.00000
[2] Min	0.01577	0.02097	0.01162	1	2.44203	36.34841	0.00000	0.00000
[3] Foo	0.14713	0.12564	0.01387	1	22.26280	240.35669	0.11889	0.00000
[4] Tex	0.11625	0.01760	0.02901	1	8.36593	164.58011	0.03773	0.00000
[5] Pup	0.05409	0.01807	0.00807	1	7.43788	71.88994	0.00019	0.00000
[6] Chb	0.09404	0.00372	0.00907	1	8.02831	6.02582	0.00000	0.00000
[7] Chp	0.11448	0.02139	0.03914	1	7.37699	155.40245	0.02510	0.00000
[8] Sto	0.11325	0.02520	0.02011	1	4.96149	33.61894	0.00154	0.00000
[9] Iro	0.05327	0.00539	0.03341	1	8.65667	38.35595	0.00000	0.00000
[10] Nfe	0.06629	0.00579	0.00515	1	8.23510	111.29689	0.00000	0.00000
[11] Man	0.09795	0.04472	0.10320	1	7.56877	283.91097	0.22629	0.01812
[12] Con	0.00000	0.05470	0.07771	1	4.75976	74.36592	0.19964	0.24244
[13] Tra	0.00000	0.03750	0.03748	1	4.09430	7.36511	0.03854	0.00000
[14] Ser	0.00411	0.03449	0.42411	1	3.42173	127.06932	0.28880	0.52359
[15] Eel	0.00000	0.03415	0.03183	1	2.91804	15.05048	0.00764	0.00000
[16] Eco	0.00998	-0.00477	0.00366	1	6.19043	2.25872	0.00468	0.00000
[17] Eoi	0.05274	0.09090	0.00477	1	17.69744	1.42866	0.00715	0.00000
[18] Ega	0.00000	0.02174	0.00087	1	9.50983	2.58010	0.00089	0.00000

주: 하첨자  $i, j$  는 재화 및 산업,  $t$  는 년도를 말하며, 여기서의  $t$  는 1990년 수치임.

<표 IV-3>에서 계속

	$\rho c_i$	$\delta v_j$	$\delta ex_i$	$\delta m_i$	$PW_{jt}$	$\rho v_j$	$\alpha_j$	$aco_j$	$aoi_i$
[1] Agr	2.3	0.97433	0.79604	0.69153	0.01341	-1	0.84273	0.02796	0.97146
[2] Min	2.8	0.96111	0.75361	0.53737	0.01374	-1	0.75672	0.00825	0.99175
[3] Foo	2.3	0.94485	0.77317	0.73006	0.01217	-1	0.45336	0.00939	0.94866
[4] Tex	3.1	0.97127	0.49677	0.63826	0.01250	-1	0.33297	0.00329	0.98293
[5] Pup	1.8	0.94710	0.81229	0.69107	0.01324	-1	0.51373	0.01366	0.98588
[6] Chb	1.9	0.52047	0.72669	0.53767	0.01276	-1	0.66858	0.03674	0.94018
[7] Chp	1.9	0.95235	0.70204	0.69578	0.01252	-1	0.55081	0.18868	0.73359
[8] Sto	2.8	0.86893	0.71736	0.69739	0.01254	-1	0.51191	0.36988	0.61903
[9] Iro	2.8	0.83654	0.65358	0.65144	0.01325	-1	0.66111	0.82069	0.17345
[10] Nfe	2.8	0.92893	0.64021	0.52801	0.01309	-1	0.53842	0.34999	0.63370
[11] Man	3.5	0.98219	0.55213	0.00000	0.01271	-1	0.42767	0.03712	0.93145
[12] Con	1.9	0.96514	0.96001	0.00000	0.01396	-1	0.36224	0.00863	0.98610
[13] Tra	1.9	0.77639	0.63280	0.76193	0.01396	-1	0.40812	0.00163	0.99758
[14] Ser	1.9	0.97810	0.82785	0.00000	0.01390	-1	0.49888	0.08499	0.85647
[15] Eel	2.8	0.73245	0.87246	0.91518	0.01396	-1	0.83609	0.27521	0.42613
[16] Eco	2.2	0.40278	0.90118	0.60509	0.01382	-1	0.40017	0.98940	0.01060
[17] Eoi	1.9	0.13630	0.74024	0.47986	0.01326	-1	0.46993	0.00033	0.99705
[18] Ega	2.8	0.24153	0.89038	0.90411	0.01396	-1	0.44603	0.00389	0.79456

주: 하첨자  $i, j$  는 재화 및 산업,  $t$  는 년도를 말하며, 여기서의  $t$  는 1990년 수치임.

<표 IV-3>에서 계속

변수	수치
$L_0$	79.46159
$K_0$	82.40748
$tl_t$	0.08112
$tk_t$	0.09073
$\omega_{coal}$	0.99600
$\omega_{oil}$	0.80400
$\omega_{gas}$	0.57400
$\delta_t$	0.02700
$r_t$	0.09310
$ER_t$	7.16400
$P_0$	1.00000
$FB_{-1}$	2.11787

<표 IV-4> 레온티에프함수의 투입산출계수 (a<sub>ij</sub>)

	[1] Agr	[2] Min	[3] Foo	[4] Tex	[5] Pup	[6] Chb	[7] Chp	[8] Sto	[9] Iro
[1] Agr	0.08927	0.00140	0.46644	0.05010	0.01343	0.00029	0.01430	0.00002	0.00000
[2] Min	0.00024	0.00002	0.00066	0.00018	0.00322	0.05081	0.00312	0.11973	0.02976
[3] Foo	0.09289	0.00000	0.12462	0.03058	0.00237	0.00272	0.00883	0.00002	0.00001
[4] Tex	0.00488	0.00658	0.00117	0.38187	0.00824	0.00078	0.01274	0.00241	0.00076
[5] Pup	0.00161	0.00016	0.01450	0.00934	0.44200	0.00108	0.01166	0.01745	0.00030
[6] Chb	0.00031	0.00121	0.00586	0.00735	0.02030	0.30921	0.21475	0.01833	0.00313
[7] Chp	0.01287	0.01850	0.02775	0.11486	0.04683	0.01208	0.21939	0.01753	0.00493
[8] Sto	0.00082	0.00055	0.00425	0.00130	0.00624	0.00277	0.01038	0.13109	0.01468
[9] Iro	0.00048	0.00126	0.00038	0.00062	0.00251	0.00047	0.00137	0.00642	0.54829
[10] Nfe	0.00015	0.00007	0.00018	0.00044	0.00512	0.00183	0.00633	0.00180	0.01638
[11] Man	0.02020	0.06654	0.02534	0.02276	0.01645	0.02257	0.02925	0.03707	0.01963
[12] Con	0.00289	0.01146	0.00081	0.00052	0.00082	0.00223	0.00109	0.00084	0.00387
[13] Tra	0.00960	0.01208	0.01229	0.01177	0.01089	0.01539	0.01227	0.03359	0.01067
[14] Ser	0.05220	0.09266	0.09002	0.10466	0.09603	0.08706	0.13389	0.09635	0.05812
[15] Eel	0.00225	0.02450	0.00543	0.01353	0.02369	0.03530	0.01603	0.02837	0.02212

<표 IV-4>에서 계속

	[10]Nfe	[11]Man	[12]Con	[13]Tra	[14]Ser	[15]Eco	[16]Eoi	[17]Eel	[18]Egii
[1] Agr	0.00021	0.00049	0.00110	0.00000	0.00468	0.01497	0.00008	0.00000	0.00000
[2] Min	0.14220	0.00048	0.00884	0.00024	0.00001	0.00008	0.00650	0.00000	0.00000
[3] Foo	0.00001	0.00001	0.00000	0.00000	0.03718	0.00000	0.00004	0.00000	0.00000
[4] Tex	0.00274	0.01228	0.02929	0.00271	0.00485	0.01114	0.00033	0.00007	0.00029
[5] Pup	0.00115	0.01727	0.00302	0.00044	0.00681	0.00014	0.00070	0.00003	0.00003
[6] Chb	0.01639	0.00389	0.00052	0.00021	0.00083	0.00087	0.00456	0.00049	0.00238
[7] Chp	0.00788	0.05206	0.03224	0.01966	0.01682	0.00994	0.01219	0.02902	0.00064
[8] Sto	0.00377	0.01681	0.11227	0.00069	0.00091	0.00232	0.00081	0.00031	0.00001
[9] Iro	0.00334	0.08748	0.04898	0.00065	0.00051	0.00469	0.00163	0.00005	0.00087
[10] Nfe	0.41538	0.03464	0.00675	0.00016	0.00021	0.00070	0.00008	0.00000	0.00004
[11] Man	0.01765	0.33098	0.11705	0.06811	0.05376	0.02639	0.01593	0.01953	0.00701
[12] Con	0.00134	0.00093	0.00252	0.00205	0.02724	0.00517	0.00136	0.05056	0.00149
[13] Tra	0.01479	0.01106	0.01737	0.00627	0.01357	0.07908	0.00474	0.00877	0.00459
[14] Ser	0.07894	0.11399	0.14455	0.14617	0.18881	0.04322	0.02976	0.05226	0.09074
[15] Eel	0.02774	0.00669	0.00185	0.00657	0.01174	0.01987	0.00274	0.07384	0.00451

주석 32) 자세한 것은 Hoeller et al, (1991), Grubb et al, (1993), IPCC(1995)를 참조하십시오.

주석 33) 자세한 것은 Hoeller et al.(1991), Grubb et al.(1993), IPCC(1995)를 참조 하십시오.

주석 34) 감가상각율은 국민소득계정(Korea National Accounts Statistics)에서 구 한 기준 년도의 값이 일정하다고 가정한다.

### 3. 캘리브레이션(Calibration)

모형이 주어지고 중요 행위매개변수의 수치가 결정되면 본 일반균형모형(KEED)은 사회회 계행렬의 기준년도 자료(benchmark-year data set)를 이용하여 캘리브레이션을 한다. 정태 적 연산일반균형모형에서 캘리브레이션 절차는 기준년도에 관찰된 일반균형체계 즉 사회회 계행렬에서 수치로 나타난 경제를 복제하도록 매개변수를 조정하는 것이다. 본 일반균형모 형(KEED)과 같은 동태적 모형에서는 기준년도에서 비교년도로 이행하는 과정에서 외생적 인 제약조건이 만족되도록 캘리브레이션이 이루어진다. 따라서 동태적 캘리브레이션은 기준 년도 자료와 이행경로에 따른 외생적인 변수의 수치들에 의존하게 된다. 추세변수(Trend

Variable)에 대한 캘리브레이션을 위한 시계열 자료를 이용하여 추계변수의 수치를 구할 수 있다. 경제구조의 변화를 모형 내에서 고려하여 매개변수의 변화를 허용할 수 있지만 비록 매개변수의 변화를 허용하지 않더라도 구조적 변화에 따른 매개변수의 주기적 변화를 민감도 분석 등을 통해 분석할 수 있다.

<표 IV-3>에서는 본 일반균형모형(KEED)의 외생변수의 수치들을 보여주고 있다. 외생변수에 관해 요약하면 다음과 같다.

- 노동공급과 이월된 자본공급에 대해서는 가장 일반적인 방법은 모든 투입요소에 대한 물량단위를 정의하여 요소의 대체적 사용을 고려하는 것이다. 이러한 정의를 사용하면 고정 노동공급량( $L_s$ )과 전년도에 이월된 자본 공급량 이 계산되어 요소소득을 추정할 수 있다. 이때 요소소득은 명목 국내총생산(GDP)에서 이차지급액을 뺀 것과 동일하다.
- 노동성장율( $n$ )은 최근 10년간의 연평균 성장율을 가리키고, 성장율이 일정하다고 가정한다.
- 재화의 실질국제가격( $PW_{jt}$ )은 기준년도 (benchmark year)에서 국내재나 수입재의 세후가격이 동일하다고 가정한다. 고정 환율과 차등관세하에 수입재의 국제가격( $PW_{jt}$ )은 사회회계행렬(SAM)을 사용하여 구할 수 있다. 화석연료를 제외한 모든 재화의 실질국제 가격은 시물레이션 기간동안 기준년도 수치로 고정되어 있다.
- 자연적 에너지 효율지수(Autonomous Energy Efficiency Index; AEEI)와 국제석유가격(World Oil price)은 문헌조사를 통해 추정한다.<sup>35)</sup>
- 석유의 실질국제가격은 매년 1%씩 상승하는 것으로 가정한다.
- 해로드 중립 에너지증가 기술진보율 (Harrod neutral energy augmenting technical progress rate 즉 "자연적 에너지 효율개선 지수", AEEI)은 모든 부문에서 매년 1%로 가정한다.<sup>36)</sup> 이러한 가정은 주요 외생변수의 불확실성의 크기를 반영하고 있다. 그러나 이 수치는 최근의 IPCC 시나리오에서 가정된 AEEI 수치와 매우 비슷하고 불확실성을 반영하는 기준수치로 간주되어야 한다. 그리고 이러한 수치결정은 에너지 예측에 사용되는 통상적인 방법에 따른 것이다.
- 고정환율( $ER_t$ )은 1990년 환율을 사용하고 정책실험기간동안 일정하다고 가정한다.
- 국제금리( $r_t$ )는 1989년 LIBOR 금리를 사용하고 정책실험기간동안 일정하다고 가정한다.
- 전년도에서 이월된 순 민간외채(FB)는 1989년 국민계정을 이용하여 경상수지적자로부터 계산된다.
- 실효 근로소득세는 국민계정의 직접세 중 근로소득세의 비중에 정부의 재정자료로부터 구한 총 조세수입을 곱한 값으로, 그 나머지를 자본소득세로 가정한다. 유효세율( $tl, tk$ )은 사회회계행렬에서 추정된 요소소득과 위에서 구한 근로소득세액과 자본소득세액으로부터 구한다.
- 간접세율( $td_{jt}$ )은 간접세를 재화 한단위를 생산하는 소요되는 총 비용으로 나눈 수치이다. 유효(effective) 간접세율은 1990년도 산업연관표에서 계산해낸다.
- 인플레이션율( $\phi_t$ )은 최근 5년 동안 연평균 증가율이고 정책실험 기간동안 일정한 속도로 증가한다고 가정한다.
- 수출보조금 지급율( $tex_{it}$ )은 0이다.
- 기준년도의 물가수준( $P_0$ )은 1이다.
- 이산화탄소 배출목표 로 이산화탄소 배출 정책목표에 따라 외생적으로 주어진다.

외생변수는 시물레이션 결과에 큰 영향을 미친다. 특히 AEEI와 국제석유가격은 CO<sub>2</sub> 와 관련된 이슈를 분석하는데 중요한 역할을 한다.

다른 조건이 동일하다면 AEEI나 국제석유가격이 상승할수록, CO<sub>2</sub> 배출수준은 하락하게 된다.<sup>37)</sup> 마찬가지로 GDP와 인구성장율도 에너지 수용 증가에 중요한 역할을 한다.

1990년 경제가 균형상태에 있다고 가정하고 1990년부터 2010년까지 일련의 균형점을 계산한다. 균형경제의 경우, 캘리브레이션에 의한 매개변수의 수치는 1990년 한국의 사회회계행렬(SAM)을 이용하여 계산할 수 있다. <표 IV-3>에서는 본 일반균형모형(KEED)의 외생변수의 수치들을 보여주고 있다. 외생변수에 관해 요약하면 다음과 같다.



- 생산부문의 CES분배계수( $\delta \rho_j$ )는 산업별 대체탄력성을 결정한 후, 부가가치와 연료비용의 명목가치로부터 계산해 낸다.
- 국제무역에서의 아밍턴 가정과 관련된 CES분배계수( $\delta m_{ij}$ )는 대체탄력성을 결정한 후, 국내수요와 수입수요의 명목가치로부터 계산해 낸다.
- 수출부문의 불완전전환과 관련한 불변전환탄력성(CET)함수에서 산출물 분배계수( $\delta e_{xi}$ )는 전환탄력성의 수치를 추정할 수, 국내공급과 수출공급의 명목가치로부터 계산한다.
- 가계의 각 재화에 대한 소비지출비중( $v_{cj}$ )은 명목가계예산에서 각재화를 구입하는데 지출된 실질금액의 비율로 기준년도의 사회회계행렬로부터 구하고 정책실험기간동안 일정하다고 가정한다.
- 정부의 각 재화에 대한 지출비중( $v_{gj}$ )은 명목정부예산에서 각 재화를 구입하는데 지출된 실질금액의 비율로 기준년도의 사회회계 행렬로부터 구하고 정책실험기간동안 일정하다고 가정한다.
- 각 산업부문의 부가가치함수에서 노동( $1-a$ )과 자본( $a_j$ )의 분배계수는 각 산업의 부가가치 중 임금과 순작업잉여의 합에 대한 임금 또는 순작업잉여가 차지하는 비율이다.
- 각 산업부문의 화석연료집계함수에서 석탄( $aco_g$ ), 석유( $ao_j$ )와 가스( $1-aco_j-ao_j$ )의 분배계수는 각 산업부문의 총화석연료비용 중 석탄, 석유 또는 가스비용이 차지하는 비율이다.
- 각 산업부문의 생산함수에서 생산기술진보계수( $\beta_{xj}$ )는 기준년도(1990)에는 1로 가정한다.
- 각 재화의 실효관세율( $tm_{jt}$ )은 각 재화를 구성하고 있는 상품들의 1990년 관세율과 각 상품의 수입금액의 가중치로 구하고, 정책 실험기간동안 상품구성비가 일정하다고 가정한다.
- 자본 생산요소의 산업별 비율( $\tau_j$ )은 총자본 중 각 산업부문의 자본의 비율로 기준년인 1990년의 수치이다. 자본 생산요소의 산업별 비율을 각 산업부문의 자본의 배분이 일정하다고 가정하고 자본이 산업부문간의 이동이 없다고 가정할 때 사용된다.
- 각 산업의 생산부문의 부가가치함수 및 화석연료집계함수에서 헤로드-중립 기술진보계수( $\beta v_j, \beta e_j$ ).
- 소비부문에서의 최종재화와 생산부문에서의 중간투입재의 국내재와 수입재간의 아밍턴 계수( $\beta c_i, \beta m_{ij}$ ).
- 생산부문에서의 생산재의 국내재와 수출재간의 아밍턴계수( $\beta e_{xi}$ ).

주석 35) 자세한 것은 Hoeller et al.,(1991), Grubb et al.,(1993), IPCC(1995)을 참조하시오

주석 36) 자연적 에너지효율개선지수(AEEI)의 구체적인 수치는 기존의 문헌에서 계량경제학적으로 구한 값이 거의 없고, 통상적으로 연구자의 판단에 의해 그 수치를 선택하여 사용하고 있다. GREEN모형의 기술입문서(technical manual)에서 여러 모형에서 사용한 자연적 에너지효율개선지수(AEEI)의 수치에 대해 조사하여 약간의 자료를 제공하고 있다. 자세한 것은 Burniaux et al. (1992)을 참조하시오.

주석 37) 예를 들어 Manne and Richels(1990)은 그들의 모형에서의 민감도분석을 통해 자연적 에너지효율개선지수(AEEI)의 값을 1%에서 0%로 바꾸면 2050년까지의 에너지 수요는 두배가 될 것이라고 주장하고 있다.

#### 4. 기준안(Business-as-Usual)

세계은행에서 개발한 GAMS/MINOS5를 사용하여 우리 나라의 1990년부터 2010년까지의 경제를 예측하고 그를 기준으로 정책모의 실험을 하였다. 이 20년이란 기간은 일반적인 의미에서 기후변화협약 특히 이산화탄소 배출문제를 다루기에는 짧은 기간이지만, 이 연구의 현재의 관심의 초점은 이산화탄소의 배출감축목표를 정한 후 초기단계에서의 영향에 관한 것이기 때문이다. 여기서는 일반균형모형(KEED)을 사용하여 모형경제의 기준안(Business-as-Usual Case; BAU)을 구하고, 그 결과를 분석한다  
 <표 IV-5>에 모형을 통해 추정된 기준안의 결과가 요약 정리되어 있다. 이결과는 정책모의

실험의 기본자료로 사용된다. 기준안에서 여러 중요한 계수가 적절한 시나리오분석으로 통해 구해졌지만 기준안이 가장 가능성이 있는 미래를 필연적으로 예측한 것은 아니고 다양한 이산화탄소 배출억제 정책의 효과를 구하는데 비교의 기준으로 사용되는 것이다.

기준안에서의 이산화탄소의 배출량의 궤적은 이산화탄소의 배출억제에 대한 어떠한 특별한 정책도 사용하지 않았을 때 일어날 수 있는 가장 신뢰할 수 있는 것이어야 한다. 특정의 이산화탄소 배출목표를 달성하는데 드는 비용은 기준안의 특성에 따라 매우 민감하다. 얼마만큼의 감축이 필요합니까? 라는 질문은 감축 목표량이 이산화탄소 배출감축의 절대량 뿐 아니라 상대적인 감축비율을 의미하는 것이다. 따라서 이산화탄소 배출의 억제를 위한 어떤 정책의 비용을 계산하는데 있어서 미래에 일어날 수 있는 가장 가능한 배출량을 도출해야 한다. 기준안의 이산화탄소 배출량의 궤적은 특정의 감축목표를 달성하는데 요구되는 배출감축량의 크기를 결정한다.

이 연구에서 기준안을 구하는데 있어서, 기준년도(1990년)에 현존하는 에너지 관련 세 및 보조금 수준이 모형의 정책실험기간 동안 일부 변화하였고, 이러한 변화는 이산화탄소 배출억제에 관한 비용을 산출하는데 영향이 있지만, 기준년도(1990년)에 현존하는 에너지 관련 세 및 보조금 수준이 정책실험기간 동안에는 변하지 않는다고 가정을 하였다. 이 연구에서의 이러한 암묵적인 가정이 1990년도에 현존하는 에너지 관련 세제가 기후변화와 관련된 외부효과를 제외하고는 적절하다는 것을 의미하는 것은 아니다. 이산화탄소 배출문제를 취급하는 대부분의 기존 연구에서 특별히 에너지 관련 세나 보조금의 효과를 분석하기 위한 목적으로 연구하는 것을 제외하고는 기존의 에너지 관련 세 및 보조금에 관한 문제는 무시하거나 적절하다고 가정한다<sup>38)</sup>. 적정 에너지세의 가정은 에너지 가격체계가 환경과 관련된 외부효과를 무시하면서 에너지 사용에 따른 사회적 한계비용을 적절히 반영하고 있다는 것을 의미한다.<sup>39)</sup> 만약 에너지 관련세의 역할이 도로사용 및 교통 혼잡 등에서 오는 외부 불경제를 반영한 것이라면 이러한 가정이 한국의 경우 적절할 수 있다. 특정산업의 발전 또는 분배적 정의 구현의 목적으로 사용하기 위해서 석탄산업의 과도한 보조금의 경우는 자원의 효율적 배분의 관점에서는 약간의 문제가 있을 수 있다<sup>40)</sup>. 또한 1990년 이후 외부경제환경이 크게 변화하였으나 본 연구에서는 이러한 외부경제환경의 변화를 정책실험기간 동안에 반영하지 못하였다.

#### 가. 경제

일반균형모형(KEED)에서 추정된 정책기간동안의 기준안의 일반경제지표와 연평균 성장률이 <표 IV-5>에 요약되어 있다. 기준안의 경우 주요 실질 거시경제지표의 장기추세는 매우 안정적이다. 성장을 저해하는 어떤 환경정책이나, 구조변화, 기타 외부의 여건에 변화가 없는 기준안의 경우, 1990년부터 2010년 사이의 실질 국내총생산(GDP)은 연평균 5.87%씩 성장하고, 총 산업생산은 연평균 5.75%씩 증가할 것이다. 전반 10년(1990-2000) 동안의 국내총생산(GDP)의 연평균 성장률은 6.16%에서 점차 둔화되어 후반 10년(2000-2010)동안은 5.58%에 이를 것으로 추정된다. 총 산업생산의 연평균증가율도 전반 10년의 6.02%에서 후반 10년의 5.52%로 둔화될 것이다. 실질 국내총생산(GDP)은 1990년의 105.8조원에서 2010년에는 297.2조원으로 증가될 것이며, 산업전체의 총생산액(매출기준으로 부가가치가 아님)은 1990년의 417.2조원에서 2010년에는 1276.4조원으로 증가될 것이다.

민간소비의 연평균증가율은 4.44%이고, 이는 실질 GDP의 연평균증가율인 5.87%보다 1.43%p만큼 낮다. 수입의 증가율이 수출의 증가율보다 조금 적기 때문에 무역적자가 조금 줄어든다.

<표 IV-5> 기준안

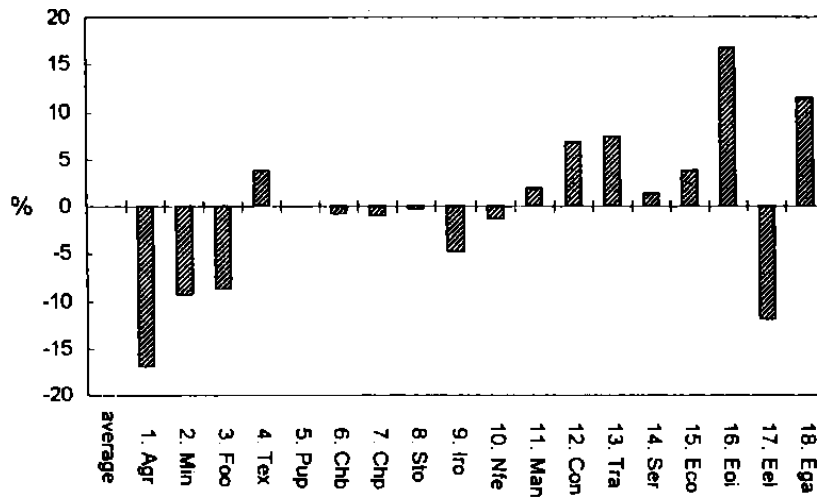
경제지표(조원)	년 도					성장률 90/10
	1990	1995	2000	2005	2010	
실질 국내총생산	178.5	242.9	324.4	427.7	558.3	5.87%
민간소비	156.0	299.8	276.0	355.7	450.1	5.44%
정부소비지출	27.2	38.9	55.0	77.7	110.2	7.24%
수입	57.9	78.3	104.0	136.6	178.0	5.77%
수출	53.2	71.0	90.2	124.4	164.4	5.81%
고정자본형성(유효단위)	82.4	120.8	171.2	236.7	321.3	7.04%
전산업 생산 합계 (조)	417.2	563.4	748.3	981.7	1276.4	5.75%
산업별 생산비중 (%)						
1. 농림수산업	5.3	5.3	5.3	5.2	5.0	5.49%
2. 광업	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	4.90%
3. 음식료업	6.8	6.9	6.9	6.9	6.7	5.74%
4. 섬유제품	7.6	7.0	6.5	6.0	5.6	4.12%
5. 펄프 및 지류	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	5.69%
6. 기초화학	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	7.27%
7. 화학제품	5.2	5.3	5.4	5.5	5.6	6.16%
8. 요업 및 토석	1.9	1.9	2.0	2.0	2.0	5.92%
9. 철강제품	4.6	4.5	4.4	4.3	4.3	5.44%
10. 비철금속	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	5.21%
11. 제조업	18.2	18.7	19.2	19.8	20.7	6.41%
12. 건설업	10.5	10.6	10.7	10.8	11.0	6.00%
13. 운송 및 보관	3.8	3.7	3.7	3.7	3.6	5.56%
14. 서비스 및 기타	28.7	28.6	28.5	28.3	27.9	5.60%
15. 석탄 및 석탄제품	0.6	0.5	0.5	0.5	0.4	4.35%
16. 석유제품	1.8	1.8	1.8	1.8	1.4	5.78%
17. 전력	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	5.79%
18. 가스	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	5.32%

수출은 정책실험기간의 전반 10년(1990-2000) 동안의 년평균증가율 5.43%에서 점차 가속되어 후반 10년(2000-2010) 동안에는 6.13%에 이를 것으로 추정되는 반면, 수입은 전반 10년(1990-2000) 동안의 년평균증가율 6.03%에서 점차 둔화되어 후반 10년(2000-2010) 동안의 5.52%에 이를 것이다. 정부지출의 년평균증가율은 7.24%로 민간소비의 년평균증가율 4.44%보다 2.80%p만큼 크다. 자본의 연평균 증가율은 7.04%로 노동의 년평균증가율보다 상당히 크기 때문에 실질임금률이 자본수익율에 비해 매우 빠르게 상승할 것이다.<sup>41)</sup>

산업별 생산을 보면 기타 제조업(Man), 건설업(Con), 서비스업(Ser)이 총 국내생산의 50% 이상을 차지하고 있다. 전체 생산부문의 년평균 생산증가율은 5.27%에 이를 것으로 추정되며, 개별 산업의 년평균 국내생산증가율은 기초화학산업이 7.27%, 기타 제조업이 6.41%, 화학제품산업이 6.16%로 전체 생산부문의 년평균 생산증가율보다 높고, 섬유산업이 4.12%, 석탄제품산업이 4.35%, 광업이 4.90%로 이들 산업의 년평균 국내 생산증가율은 전체 생산부문의 년평균 생산증가율보다 낮다. 따라서 우리나라의 산업구조는 점차 변화하여, 제조업의

비중은 1990년의 18.2%에서 2010년에는 20.7%로 점차 증가하고, 섬유산업의 비중은 1990년의 7.6%에서 2010년에는 5.6%로 떨어질 것이다. [그림 IV-1]은 기준안의 경우 1990년과 2010년의 재화 전체의 평균소비자가격의 변화가 없다고 할 때 1990년 가격 대비 2010년의 각 산업생산물의 소비자가격 변화를 보여주고 있다.

[그림 IV-1] 2010년의 소비자가격 변화율  
(1990년대비, 기준안)



#### 재화

#### 나. 에너지 수요 구성

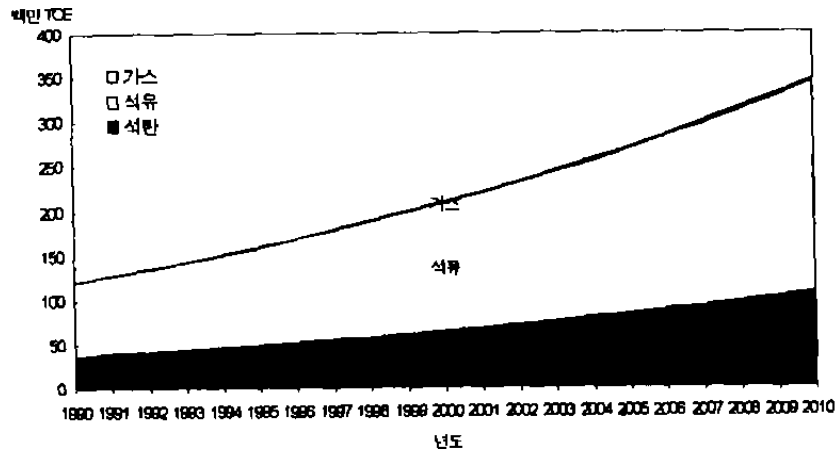
모형에서 1990년부터 2010년의 연구기간동안 세계 석유가격은 외생적으로 결정되며, 실질가격이 년평균 1%씩 점진적으로 상승하는 것으로 가정했다. 우리 나라의 석탄, 석유, 가스 등의 세 화석연료의 수요와 년평균 수요증가율 및 그 구성비와 부문별 화석연료 소비비중에 대한 정책실험기간동안의 기준안의 모형실험결과가 <표IV-6>에 요약 정리되어 있다. 기준안의 경우 석탄 석유, 가스 세 화석연료수요의 장기추세는 매우 안정적이다.

<표IV-6> 기준안의 화석연료 수요 및 비중

백만 TOE	년		도			증가율 90/'10
	1990	1995	2000	2005	2010	
화석연료 합계	120.56	160.00	209.07	270.08	345.91	5.41%
석탄	36.616	48.574	63.634	82.644	106.677	5.49%
(%)	30.37	30.36	30.44	30.60	30.84	
석유	82.929	110.072	143.673	185.178	236.366	5.38%
(%)	68.79	68.80	68.72	68.56	68.33	
가스	1.017	1.350	1.758	2.256	2.862	5.31%
(%)	0.84	0.84	0.84	0.84	0.83	
부문별 비중 (%)						
1. 농림수산업	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	4.42%
2. 광업	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	3.94%
3. 음식료품	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	5.26%
4. 섬유제품	1.0	0.9	0.9	0.8	0.7	3.82%
5. 펄프 및 지류	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	5.12%
6. 기초화학	5.0	5.3	5.7	6.0	6.4	6.67%
7. 화학제품	1.6	1.6	1.6	1.7	1.7	5.82%
8. 요업 및 토석	3.1	3.2	3.2	3.3	3.3	5.77%
9. 철강제품	6.9	6.7	6.6	6.5	6.5	5.11%
10. 비철금속	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	5.01%
11. 제조업	1.8	1.8	1.8	1.9	2.0	6.02%
12. 건설업	3.1	3.1	3.2	3.2	3.2	5.66%
13. 운송 및 보관	10.5	10.4	10.3	10.1	10.0	5.15%
14. 서비스 및 기타	7.8	7.7	7.7	7.6	7.5	5.18%
15. 석탄 및 석탄제품	10.3	9.7	9.2	8.8	8.3	4.31%
16. 석유제품	25.2	25.8	26.1	26.4	26.8	5.67%
17. 전력	5.6	5.8	5.9	6.0	6.2	5.90%
18. 가스	2.1	2.1	2.0	2.0	2.0	5.18%
19. 최종소비	12.3	12.4	12.4	12.4	12.4	5.45%

성장을 저해하는 어떤 환경정책이나, 구조변화, 여건변화가 없을 때, 총 화석연료 수요는 1990년의 120.56 백만TOE에서 1990년부터 2010년 사이에 년평균 5.4%씩 증가하여 2010년에는 345.9 백만 TOE에 달할 것이다. 또한 개별화석연료의 수요는 2010년에 석유수요는 236.4백만TOE, 석탄수요는 106.7백만TOE, 가스수요는 2.86백만TOE에 달할 것이다. 석유정제산업, 수송부문, 석탄산업, 최종소비부문 등 4개의 부문이 화석연료 수요의 반이상을 차지하고 있다. [그림IV-2]는 정책실험기간인 1990년부터 2010년까지의 기준안의 에너지원별 수요 구성을 보여주고 있다.

[그림 IV-2] 에너지원별 수요 구성 (기준안)

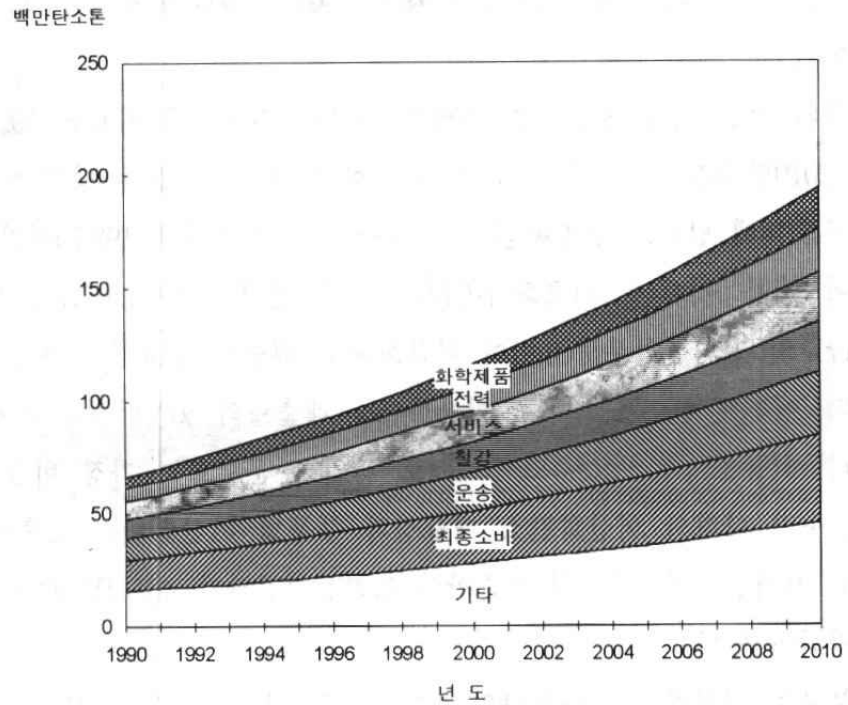


다. 이산화탄소 배출

이 연구에서 CO<sub>2</sub> 배출량 증가는 몇 가지 요인에 따라 달라질 수 있다. 첫째, 국내 총생산(GDP)의 증가와 직접적으로 관계가 있다. 국내 총생산(GDP)의 기준안의 모형결과를 고려할 때 2010년의 우리 나라의 CO<sub>2</sub> 배출량의 증가는 가속화 될 것이다. 둘째, 에너지의 실질 상대가격의 상승은 에너지 생산요소로부터 다른 생산요소(노동, 자본)로의 대체가 촉진될 것이다. 이러한 대체는 GDP당 에너지원단위를 감소시켜 CO<sub>2</sub> 배출량 증가를 둔화시킬 것이다. 셋째, 석탄가격에 대한 석유 및 가스가격의 상대적 상승은 석유나 가스로부터 석탄으로의 대체가 일어날 것이다. 이러한 에너지원간의 대체는 CO<sub>2</sub> 배출량 증가를 촉진시킬 것이다. 위와 같은 서로 상반되는 추세의 결과로 기준안에 따르면 1990년부터 2010년까지의 기간동안의 총 이산화탄소의 배출량의 년평균증가율은 5.51%에 달하고, 2010년의 이산화탄소 총 배출량은 193.70백만 탄소톤에 이를 것이다. 기초화학(Chb), 철강제품(Iro), 수송(Tra), 서비스(Ser) 및 전력산업부문(Eel)이 이산화탄소 배출에 중요한 부분을 차지한다. 이 5개 산업부문이 총 이산화탄소 배출량의 50%이상을 차지하고 있다. 최종소비부문(Res)도 20.2%로 단일 부문으로는 가장 비중이 크다. 우리나라의 이산화탄소 배출량과 부문별 이산화탄소 배출비중에 대한 정책실험기간동안의 기준안의 모형실험결과 <표 IV-7>에 요약 정리되어 있다.

부문별 이산화탄소 배출량의 장기추세는 안정적이다. 전부문의 부문별 이산화탄소 배출량의 년평균증가율은 4.5%에서 6.0%사이이다. 이산화탄소 배출량의 부문별 비중의 변화는 미미하지만 기초화학 및 전력산업부문은 약간 늘어날 것이며, 철강제품 및 수송부문은 줄어들 것이다. 철강제품 산업부문은 1990년의 12.2%에서 2010년의 11.3%로, 수송부문은 15.4%에서 14.3%로 줄어들며, 기초화학은 1990년의 7.5%에서 2010년의 9.4%로, 전력산업부문은 9.2%에서 10.0%로 늘어날 것이다. 이산화탄소 배출에 있어서 전력산업과 기초화학산업이 타 산업부문에 비해 보다 더 중요한 위치를 차지하게 될 것이다. 전력산업이 타 산업에 비해 이산화탄소 배출량이 상대적으로 더 빨리 증가하는 것은 전력산업의 성장이 타 산업에 비해 높고, 국내석탄가격이 상대적으로 낮아 석탄사용 비중이 상대적으로 더 많아지기 때문이다.

[그림 IV-3] 산업부문별 이산화탄소 배출량 구성  
(1990-2010, 기준안)



[그림 IV-3]은 기준안의 1990년부터 2010년까지의 부문별로 배출되는 이산화탄소 배출량과 그 비중을 보여준다.

<표 IV-7> 이산화탄소 배출량 (기준안)

	년					증가율 90/10
	1990	1995	2000	2005	2010	
합 계 (백만 C) (비중 %)	66.22	88.36	116.02	150.57	193.70	5.51%
1. 농림수산업	2.77	2.67	2.55	2.41	2.25	4.43%
2. 광업	0.36	0.34	0.32	0.29	0.27	3.94%
3. 음식료업	1.01	1.02	1.01	0.99	0.97	5.27%
4. 섬유제품	1.49	1.37	1.26	1.16	1.07	3.82%
5. 펄프 및 지류	0.52	0.51	0.50	0.49	0.48	5.13%
6. 기초화학	7.49	7.91	8.35	8.83	9.35	6.69%
7. 화학제품	2.47	2.50	2.54	2.59	2.65	5.89%
8. 요업 및 토석	5.16	5.22	5.29	5.38	5.49	5.84%
9. 철강제품	12.19	11.87	11.62	11.44	11.34	5.14%
10. 비철금속	0.62	0.61	0.59	0.58	0.58	5.08%
11. 기타 제조업	2.60	2.65	2.71	2.78	2.88	6.05%
12. 건설업	4.53	4.57	4.61	4.64	4.66	5.06%
13. 운송 및 보관	15.38	15.16	14.92	14.65	14.34	5.15%
14. 서비스 및 기타	11.80	11.68	11.53	11.37	11.18	5.23%
15. 석탄제품	0.22	0.20	0.18	0.17	0.16	3.82%
16. 석유제품	1.34	1.35	1.37	1.38	1.39	5.71%
17. 전력	9.11	9.31	9.52	9.74	9.97	5.99%
18. 가스	0.69	0.69	0.68	0.67	0.66	5.27%
19. 최종소비	20.24	20.37	20.44	20.43	20.30	5.53%

주석 38) Burniaux et al. (1992)은 에너지 사용의 사적 한계비용과 사회적 한계비용이 같다는 가정, 즉 모든 현재의 에너지 관련세와 보조금은 왜곡되어 있다는 가정을 적용하여 분석하였다. 또한 에너지탄소세의 부과로 발생하는 유효(적정)비용에 관해 에너지 사용에 과세된 산업은 비용이 증가하고, 에너지 사용에 보조금을 지불한 산업은 비용이 감소된다는 연구결과를 얻어냈다.

주석 39) 이러한 관점의 논의는 Newbery (1992)와 Hoeller and Coppel (1992)를 참조.

주석 40) Shah와 Larsen (1991)은 개발도상국의 에너지가격제도를 검토하였고, 상당히 많은 이산화탄소를 배출하는 적은 수의 산업에 화석연료 사용에 대한 보조금이 많다는 사실을 강조했다. Burniaux의 (1992)는 GREEN 모형에서 사용한 모든 지역의 1990년의 에너지 관련세와 보조금을 수량화하고 Shah and Larsen (1991)에 의해 추정된 수치와 비교 분석하였다.

주석 41) <표 IV-1>의 고정자본형성의 유효단위는 1원의 부가가치를 창출하는 자본의 한 단위를 말하는 것으로 화폐단위가 아니다.



## V. 정책실험

정책실험의 주요 목적은 정책목표, 정책수단, 환경 관련 세수입의 사용방법에 따른 경제적 비용을 비교하기 위하여 여러 가지 정책대안에 대한 모의 실험을 통해 이산화탄소 배출을 억제할 시 우리 나라의 개별 산업에 미치는 효과를 분석하는 것이다. 이러한 정책실험은 정책수단을 사용하여 구체적인 이산화탄소 감축목표를 달성하는데 일어나는 자원배분, 실질소득의 변화, 이산화탄소 배출 감소의 성질과 정도를 분석하기 위해 개발된 다 산업부문 동태적 일반균형(KEED)모형을 통해 이루어졌다. 여기서는 특히 다양한 이산화탄소 배출 감축정책수단 및 감축수준과 그에 상응하여 예상되는 경제적 비용과의 관계분석에 초점을 맞추고 있다. 첫 번째 정책 실험들은 에너지탄소세, 에너지열량세, 에너지종가세와 이산화탄소 배출기준 규제와 같은 정책수단에 관한 것이다. 두 번째 정책 실험들은 2010년까지 이산화탄소 배출수준을 1990년 수준, 1995년 수준, 2000년 수준으로 안정화시키는 이산화탄소 배출 감축 정도에 관한 것이다. 세 번째 정책 실험들은 환경 관련세의 세수입 사용방법에 관한 것이다. 이러한 정책실험을 통해 정부의 환경정책이 산업에 미치는 영향을 파악하고, 보다 바람직한 환경정책을 수립하는데 도움을 주고자 하는 것이다.

이후 우선 1990년 이산화탄소 배출수준을 2010년까지 안정화시키기 위해 고안된 다양한 정책 수단이 경제에 미치는 영향을 분석한다. 다음으로 이산화탄소의 다양한 감축 목표를 달성하기 위해 에너지탄소세의 부과가 경제에 미치는 영향을 분석한다. 마지막으로 에너지탄소세를 사용하여 1990년 이산화탄소 배출수준을 2010년까지 안정화시키는 목표를 달성할 때 에너지탄소세 수입의 사용방법에 따른 경제적 영향을 분석한다.

### 1. 정책수단이 산업에 미치는 영향<sup>42)</sup>

여기서의 정책실험의 결과는 1990년 이산화탄소 배출수준을 2010년까지 안정화('1990년 안정화')시키기 위해 고안된 다양한 정책 수단들에 대한 경제적 영향을 비교 분석한 것이다. 이산화탄소 배출억제를 위한 정책수단으로 경제학자들이 가장 자주 추천하는 것은 화석연료에 함유되어 있는 탄소에 대한 중량세인 에너지탄소세이다<sup>43)</sup>. 에너지탄소세는 화석연료로부터 노동, 자본, 기타물질과 같은 다른 생산요소로의 대체를 가져오고, 탄소함유량이 많은 석탄의 사용을 줄이고 탄소함유량이 적은 석유나 천연가스의 사용을 늘이는 결과를 가져온다. 유럽연합에서 제안된 에너지탄소·열량혼합세 중 에너지열량세는 화석연료에 함유되어 있는 에너지열량에 비례하여 과세하는 것이고, 에너지종가세는 화석연료가격에 비례하여 부과하는 것이다. 마지막으로 이산화탄소 배출기준과 같은 정부의 직접규제정책도 사용되며, 이러한 규제수단의 사용은 기업으로 하여금 필연적으로 에너지로부터 타 생산요소로, 이산화탄소 배출이 많은 에너지원으로부터 이산화탄소 배출이 적은 에너지원으로의 사용을 강제한다. 본 연구에서는 1990년도에 현존하는 세계가 기후변화와 관련된 외부효과를 제외하고는 적정하다는 가정 하에 이산화탄소 배출감축 정책수단으로 에너지와 관련된 세를 추가로 과세한다. 이산화탄소 배출량을 기준안의 1990년 수준인 66.22백만 탄소톤으로 2010년까지 안정화시킬 수 있는 세율수준을 추정한다. 이러한 환경정책을 '1990년 안정화정책'이라고 부르기로 한다. '1990년 안정화'를 달성하기 위해서는 정책실험기간 동안 감축해야 할 총 누적 이산화탄소 배출량은 1152.6백만 탄소톤으로, 기준안의 총 누적 배출량의 45.3%에 해당하는 것이고, 2000년에는 기준안에 비해 42.9%, 2010년에는 65.8%를 감축해야 한다.

이 정책실험에서 다루는 정책수단은 다음과 같다.

- (1) 에너지탄소세: 화석연료에 함유한 탄소량에 부과하는 중량세.
- (2) 에너지열량세: 화석연료에 함유한 에너지열량에 부과하는 중량세.
- (3) 에너지종가세: 화석연료의 화폐금액에 비례하여 부과하는 종가세.
- (4) 직접규제: 이산화탄소 배출기준을 설정하는 직접규제.

그러나 위의 세 가지 조세정책은 세율은 같지만 화석 연료간의 상대적 세율은 상당히 다르기 때문에 그 영향의 크기와 형태는 다르다. 또한 이러한 조세정책은 그 어느 것도 세수입이 상당히 많기 때문에 세수입의 사용방법에 따라 국민경제에 미치는 영향이 다르다. 환경

관련세의 세수입의 사용 방법에 따른 경제적 영향은 후에 분석하기로 하고 여기서는 환경 관련세의 세수입의 중립성, 즉 세수입 전체를 정부에서 가계로 이전하는 것(lump-sum process)으로 가정하였다.<sup>44)</sup> 이후 이산화탄소 배출량을 2010년까지 1990년 수준으로 억제했을 때 에너지와 관련된 여러 조세정책 수단들과 배출기준과 같은 직접 규제수단이 국민경제에 미치는 영향에 대해서 논의하기로 한다.

#### 가. 에너지탄소세가 산업에 미치는 영향<sup>45)</sup>

여기서는 1990년 이산화탄소 배출수준을 2010년까지 안정화시키기 위해서 에너지탄소세를 부과할 때 경제에 미치는 영향을 분석한다. 이산화탄소의 배출억제목표 즉 '1990년 안정화' 목표를 달성하기 위해서 에너지탄소세를 모든 화석연료에 부과하면 탄소함유량이 많은 화석연료에 상대적으로 높은 세율을 부과하게 될 것이다. '1990년 안정화'의 경우에 추정된 2010년의 에너지탄소세는 탄소톤당 약 80만원이 될 것이고, 에너지탄소세로부터 얻어지는 정부의 에너지탄소세수입은 2010년에는 66.2조원에 달할 것이다. 본 정책실험에서는 세수입의 중립성을 가정했기 때문에 화석연료에 부과되는 세의 세수입을 전부 정부로부터 가계로 이전하는 것으로 한다. 이러한 세수입의 이전은 조세의 왜곡효과가 있기 때문에 사회적 후생을 떨어뜨리는 결과를 가져온다.

에너지탄소세 부과에 의한 화석연료가격의 상승이 소비부문에서는 화석연료로부터 비에너지 재화로, 생산부문에서는 화석연료로부터 타생산요소(노동, 자본)로의 대체를 가져오고, 이 결과 화석연료의 수요가 감소한다.

'1990년 안정화'를 위해 에너지탄소세를 사용하여 이산화탄소 배출량을 감축하는 경우 우리나라 산업에 미치는 영향은 <표 V-1>의 에너지탄소세 항목에 요약되어 있다. '1990년 안정화'를 위해 에너지탄소세를 부과할 때 개별화석연료의 가격에 미치는 영향은 원별 탄소함유량이 다르기 때문에 화석연료의 형태(석탄, 석유, 가스)에 따라 상당히 다르다. 2010년의 개별화석연료제품가격(2차 생산물의 소비자가격)은 기준안에 비해 석탄제품가격은 1258%, 석유제품가격은 394%, 가스제품가격은 290%가 상승할 것이다.<sup>46)</sup> 모든 화석연료의 가격이 매우 높게 상승한 것은 직·간접적으로 에너지탄소세의 부과로 인한 것이며, 특히 석탄의 경우 가격당 탄소함유량이 가장 많기 때문에 가격상승률이 가장 높다. 화석연료의 가격상승에 따라 전력가격도 기준안 대비 2010년에는 103.1%로 상당히 많이 상승할 것이나, 전력생산비용에서 석탄이 차지하는 비용이 상대적으로 작기 때문에 석탄가격보다는 적게 상승할 것이다.

이산화탄소의 배출량을 2010년까지 1990년 수준으로 억제할 경우 에너지탄소세 부과로 인한 에너지산업제품의 가격상승이 개별재화의 가격에 미친 영향을 재화(산업생산물)별로 살펴보면, 2010년에는 기준안의 가격에 비해 기초화학제품은 31.6%, 철강제품은 17.0%, 수송부문은 15.7%, 요업제품 및 시멘트는 8.4%가 상승할 것이나 서비스는 19.1%, 건설업은 13.6%, 농업제품은 13.4%, 섬유제품은 10.3%, 기타 제조업 생산품은 9.7%, 펄프 및 제지제품은 5.2%가 하락할 것이다.<sup>47)</sup>

<표 V-1> 정책수단에 따른 1990년 안정화의 영향  
(기준안 대비 %변화, 2010년)

(기준안 대비 x변화, 2010년)

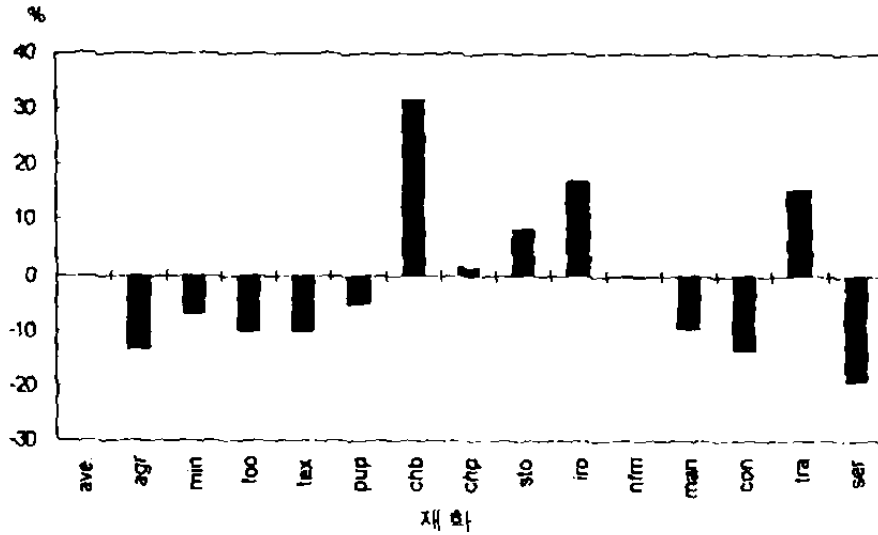
	에너지탄소세	에너지열량세	에너지종가세	기준규제
<b>산업별 생산</b>				
1. 농림수산업	-9.9	-10.7	-15.8	-80.3
2. 광업	-4.3	-3.8	-3.7	-80.6
3. 음식료품	-18.0	-18.8	-26.5	-72.7
4. 섬유제품	35.4	34.9	39.8	-51.9
5. 펄프 및 지류	5.7	5.6	5.5	-64.1
6. 기초화학	-53.8	-55.3	-70.2	-69.2
7. 화학제품	-5.7	-6.1	-8.8	-65.3
8. 요업 및 시멘트	-17.6	-17.6	-21.6	-63.8
9. 철강제품	-27.7	-24.5	-15.1	-68.1
10. 비철금속	8.0	9.2	12.1	-65.0
11. 기타 제조업	12.0	12.7	20.9	-61.0
12. 건설업	-19.9	-20.4	-27.9	-63.5
13. 운성 및 보관	-35.0	-36.2	-47.4	-61.3
14. 서비스 및 기타	-8.7	-9.1	-13.1	-65.8
15. 석탄 및 석탄제품	-84.6	-82.5	-96.5	-61.2
16. 식육제품	-86.7	-87.4	-99.9	-66.0
17. 전력	-24.0	-24.1	-33.8	-67.9
18. 가스	-23.5	-31.3	-94.4	-66.0
<b>소비자 가격</b>				
1. 농림수산업	-13.4	-13.5	-19.1	30.6
2. 광업	-7.0	-7.0	-8.3	9.2
3. 음식료품	-10.3	-10.3	-13.3	11.9
4. 섬유제품	-10.3	-10.4	-12.3	-6.9
5. 펄프 및 지류	-5.2	-5.1	-3.9	1.3
6. 기초화학	31.6	32.5	40.3	7.0
7. 화학제품	1.2	1.4	2.8	4.2
8. 요업 및 시멘트	8.4	7.9	8.8	1.0
9. 철강제품	17.0	15.4	12.0	9.0

<표 V-1>에서 계속

	에너지탄소세	에너지열량세	에너지종가세	직접규제
<b>소비자 가격(계속)</b>				
10. 비철금속	-0.6	-0.7	0.0	1.7
11. 기타 제조업	-9.7	-10.0	-13.9	-4.1
12. 건설업	-13.6	-13.8	-18.9	-12.1
13. 운성 및 보관	15.7	17.2	29.1	-10.3
14. 서비스 및 기타	-19.1	-19.4	-25.2	-2.0
15. 석탄 및 석탄제품	1258.7	1086.5	745.8	-5.1
16. 석유제품	394.9	421.2	752.1	-0.9
17. 전력	103.1	105.5	254.0	40.8
18. 가스	290.6	338.7	4350.2	-3.8
<b>산업별 에너지수요</b>				
1. 농림수산업	-52.8	-54.0	-64.1	-75.9
2. 광업	-48.6	-49.2	-58.4	-77.5
3. 음식료품	-56.2	-57.3	-66.9	-73.7
4. 섬유제품	-28.9	-30.4	-41.1	-56.9
5. 펄프 및 지류	-43.4	-44.4	-54.3	-64.0
6. 기초화학	-67.0	-68.3	-79.4	-67.3
7. 화학제품	-56.5	-56.8	-57.5	-64.1
8. 요업 및 시멘트	-61.5	-61.3	-62.3	-63.3
9. 철강제품	-66.9	-64.6	-57.7	-64.9
10. 비철금속	-51.9	-51.2	-49.4	-63.9
11. 기타 제조업	-43.3	-43.9	-48.7	-62.8
12. 건설업	-57.8	-58.8	-69.6	-66.7
13. 운성 및 보관	-60.2	-61.5	-72.6	-63.2
14. 서비스 및 기타	-55.5	-56.2	-61.8	-65.9
15. 석탄 및 석탄제품	-85.5	-83.6	-96.7	-61.5
16. 석유제품	-86.9	-87.6	-99.9	-65.0
17. 전력	-44.9	-43.6	-7.3	-66.3
18. 가스	-28.0	-34.8	-92.8	-66.2
19. 주거	-92.0	-91.9	-93.8	-67.5

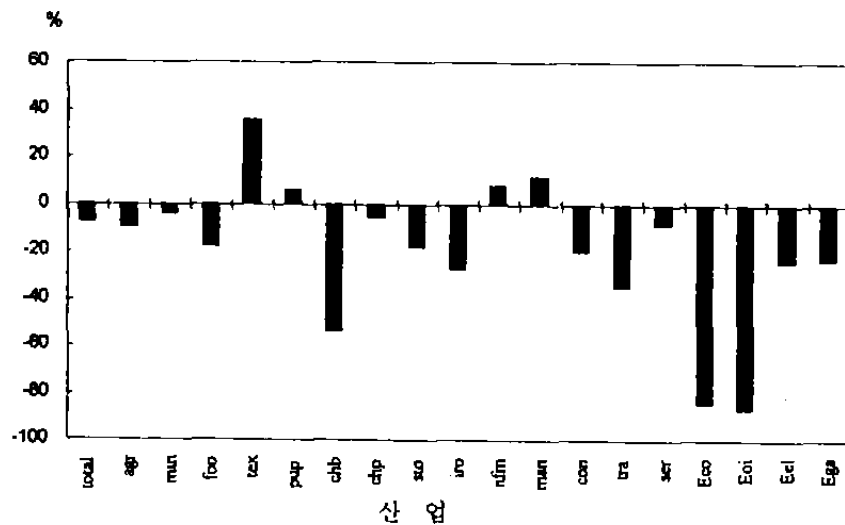
에너지다소비산업의 생산물가격이 크게 상승한 것은 생산과정에서 화석연료의 사용이 많은 산업부문의 생산비용이 크게 증가하기 때문이다. [그림 V-1]은 에너지탄소세 부과가 2010년의 재화별(에너지산업제품은 제외) 소비자의 상대가격에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다.

[그림 V-1] 에너지탄소세가 재화의 소비자가격에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 상대가격의 % 변화)



에너지탄소세 부과에 따른 화석연료산업의 2010년의 생산변화를 살펴보면, 석탄산업의 생산은 기준안에 비해 84.6%가 감소될 것이며, 석유산업의 생산은 86.7%, 가스산업의 생산은 23.5%가 감소될 것이다. 소비자나 모든 산업부문의 생산자가 석탄가격상승에 따른 다른 화석연료로의 대체가 가능하고, 특히 생산자의 경우 노동이나 자본과 같은 다른 생산요소로의 대체도 가능하여 석탄수요의 감소가 더 쉽게 일어날 수가 있다. 석유제품의 생산이 이렇게 많이 감소한 것은 석유제품이 전 사업에 걸쳐 광범위하게 사용되고, 화석연료의 연소로부터 발생하는 이산화탄소의 대부분을 차지하고 있기 때문이다. [그림 V-2]는 에너지탄소세 부과가 2010년의 산업별 생산에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다.

[그림 V-2] 에너지탄소세가 산업별 생산에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 생산량의 % 변화)



화석연료산업을 제외한 산업의 기준안 대비 2010년의 생산변화율을 산업별로 살펴보면, 전

력산업이 24.0%, 기초화학산업이 53.8%, 운송업이 35.0%, 철강산업이 27.7%, 건설업이 19.9%, 요업 및 시멘트사업이 17.6%만큼 생산이 감소될 것이나, 반면에 섬유제품이 35.4%, 제조업제품이 12.0%, 비철금속제품이 8.0%, 펄프 및 제지제품이 5.7%의 생산증가가 예상된다. 2010년에는 전 산업제품의 생산이 기준안에 비해 8.0% 감소될 것이다. 일부산업 특히 섬유제품 및 제조업제품의 생산은 '1990년 안정화'를 위한 에너지탄소세 도입으로 오히려 증가할 것이다. 이러한 산업별 차이는 산업생산부문에서의 에너지, 특히 화석 연료원별 비중과 산업별 생산 재화가격의 변화 정도에 기인한다. 앞에서 제시한 <표 IV-6>에서 보듯이 1990년 기준 각 산업부문의 화석연료의 비중은 가정용 최종소비자 12.3%, 운수업이 10.5%, 철강산업이 6.9%, 전력산업이 5.6%, 화학제품산업이 5.0%, 요업 및 시멘트 산업이 3.1%, 건설업이 3.1%로 상대적으로 높은 반면에 펄프 및 제지산업이 0.4%, 비철금속산업이 0.40%, 섬유제품산업이 1.0%, 제조업부문이 1.8%로 상대적으로 매우 낮다. 철강산업의 생산감소는 화석연료의 비중이 높을 뿐만 아니라 화석연료 중에서도 에너지탄소세의 영향을 가장 많이 받는 석탄의 비중이 높기 때문이다.

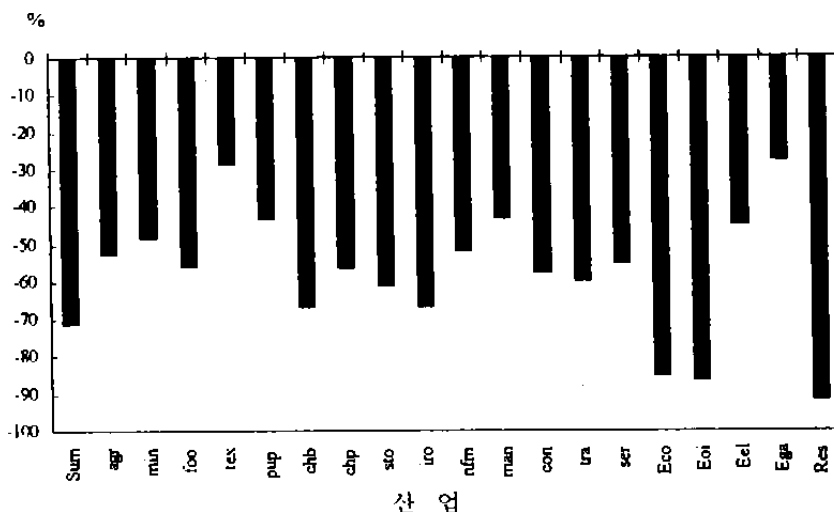
이러한 결과는 에너지탄소세가 다른 정책수단과 비교하여 오염자 지불원칙(polluter pay principle)을 엄격히 적용한 결과로 해석할 수 있다. 오염자 지불원칙은 화석연료는 물론 화석연료를 많이 사용하는 산업 및 재화가 높은 경제적 비용을 부담하는 것을 의미한다. 오염자 지불원칙은 화석연료를 많이 사용하는 산업 및 재화의 이산화탄소 억제에 필요한 한계조정비용을 상승시키고, 결과적으로 화석연료를 많이 사용하는 산업에 경제적 비용을 더 부담시킨다.

일반적으로 화석연료 한 단위 소비감소에 드는 기회비용은 화석연료를 많이 사용하는 산업이 낮으며, 이러한 산업에서의 화석연료의 소비를 감소시키는 것이 경제의 효율을 높일 가능성이 크다. 결과적으로 생산물의 손실로 측정된 경제의 효율성을 높이는 것과 특정 산업에 부담을 가중시키는 것과는 이해상충 관계가 있다는 것을 알 수 있다.

여기서 산업간의 형평성(Equity) 문제가 대두된다. 물론 이러한 결과를 볼 때 이산화탄소 배출 감축목표를 달성하기 위해서는 한국경제의 현재의 생산 및 소비구조를 보다 더 에너지 효율적인 경제구조로 바꾸어야 할 필요가 있다는 것은 의심할 여지가 없다.

'1990년 안정화'목표를 달성하기 위해서 에너지탄소세 부과로 1990년부터 2010년까지 20년 동안 누적된 화석연료 감소량은 기준안의 화석연료수요에 비해 52.1%에 해당하는 23.8억 TOE에 이를 것이다.

[그림 V-3] 에너지탄소세가 산업별 화석연료수요에 미친 영향



[그림 V-3]은 에너지탄소세 부과가 2010년의 산업별 화석연료 수요에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다. 에너지탄소세 부과에 의한 2010년의 화석연료수요는 기준안의 수요량에서 71.4%만큼 감소할 것이다. 예상했던 것과 마찬가지로 최종소비부문

(-92.0%)의 화석연료 수요 변화가 화석연료의 가격 변화에 가장 민감하다. 최종소비부문이 다른 산업부문(생산부문)보다 화석연료와 다른 재화간의 대체탄력성이 높기 때문이다. 에너지산업은 생산감소 때문에 화석연료의 수요가 줄어들 것이며, 석탄산업의 화석연료수요는 85.5%, 석유산업은 86.9%, 가스산업은 23.5%의 화석연료 소비가 감소할 것이다. 에너지산업을 제외한 산업부문에서는 기초화학산업, 철강산업, 운수업 같은 에너지 다 소비산업이 화석연료의 가격 변화에 따라 화석연료 수요가 매우 민감하게 변할 것이다 (즉, 기초화학산업: -67.0%, 철강산업: -66.9%, 운수업: -60.2, 에너지산업을 제외한 산업 평균: -53.6%). 각 산업의 생산 감소량뿐 아니라 화석연료의 비중과 형태도 화석연료 수요감소에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 화석연료 수요 및 이산화탄소 배출량을 필요한 만큼 감축하는 데는 최종소비부문을 포함하여 전력산업, 기초화학산업 및 기타 에너지 다 소비산업(수송, 철강, 요업)이 중요하다는 것을 알 수 있다.

#### 나. 에너지열량세가 산업에 미치는 영향<sup>48)</sup>

이산화탄소 배출을 감축하기 위해서 에너지탄소세 보다는 덜 효율적이지만 에너지열량세나 에너지종가세의 사용을 고려해 볼 수 있다. 여기서는 첫 번째 대안으로 1990년 이산화탄소 배출수준을 2010년까지 안정화시키기 위해서 에너지열량세를 부과할 때 우리 나라 산업에 미치는 영향을 분석한다. 이산화탄소의 배출억제목표 즉 '1990년 안정화' 목표를 달성하기 위해서 에너지열량세를 모든 화석연료에 부과하면 가격에 비해 에너지함유량이 많은 화석연료에 상대적으로 높은 세금을 부과하게 된다. 추정된 2010년의 에너지열량세는 TOE당 약 68.8만원이 될 것이다. 화석연료의 탄소함유량에 비해 열함유량이 석탄에 비해 석유나 가스가 많기 때문에 에너지탄소세를 부과할 때보다 에너지열량세를 부과할 때가 석유나 가스에 부담이 더 많이 가게 된다.

에너지열량세의 부과는 에너지탄소세의 경우와 마찬가지로 화석연료간의 상대가격에 변화를 가져오고, 이는 모든 재화의 상대가격에 변화를 가져오며, 이러한 변화는 모든 재화의 수요와 각 산업의 생산에 영향을 미쳐서 산업구조가 변화하게 될 것이다. 그러나 에너지열량세를 부과할 때의 상대가격의 변화는 에너지탄소세를 부과할 때의 상대가격의 변화와는 다르기 때문에 재화의 수요와 각 산업의 생산에 미치는 영향이 달라서 산업구조의 변화도 다르게 될 것이다. <표 V-1>의 에너지열량세 항목은 '1990년 안정화'를 달성하기 위해 에너지열량세를 부과하여 이산화탄소를 감축하는 경우 우리 나라의 산업부문에 미치는 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타낸 것으로 각 산업의 생산, 산출물의 가격 및 화석연료수요에 미치는 영향은 산업간에 그 차이가 매우 크다는 것을 알 수 있다. 각 산업에 미치는 영향의 정도는 에너지 열량세의 부과로 발생하는 직접비용, 재화가격에 미치는 직·간접 효과, 경제주체들의 대체 가능성들의 상호작용에 의해서 나타난다. 에너지탄소세와 마찬가지로 에너지열량세도 직접적으로 영향을 받는 재화의 가격을 상승시키고, 그 산업의 생산재 수요를 떨어뜨리고, 간접적으로는 산업생산에 생산요소로 사용되는 재화의 가격에도 영향을 미친다. 이러한 간접적인 가격효과는 산업생산에 부정적인 영향을 가일층시킨다. 그러나 에너지열량세의 부과가 미치는 영향이 큰 재화에서 적은 재화로 대체가 일어날 수 있는데 대체정도에 따라 이러한 직·간접의 가격상승효과를 상쇄시킨다.

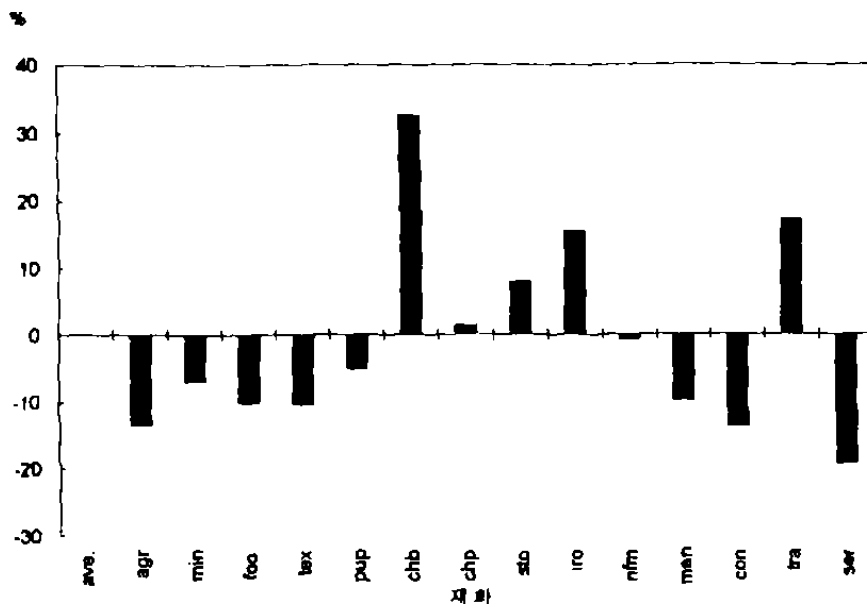
에너지열량세를 부과함에 따라 화석연료의 가격에 미치는 영향도 화석 연료간의 열함유량에 따라 가격상승정도가 다르게 나타날 것이다.

'1990년 안정화'를 달성하기 위해 에너지열량세를 부과할시 개별화석연료의 가격(2차 생산물의 소비자가격)변화를 기준안과 비교하여 보면 2010년에는 석탄가격은 1086%, 석유가격은 421%, 가스가격은 339%가 상승할 것이다. 화석연료가격이 매우 높게 상승한 것은 직·간접으로 에너지열량세의 부과로 인한 것이며, 특히 석탄의 경우 단위 가격당 열량함유량이 많기 때문에 가격이 가장 많이 상승한 것이다. 그러나 에너지탄소세에 비해 석탄제품가격은 172%p가 덜 상승한 것이고, 석유제품가격은 27%p, 가스제품가격은 49%p가 더 상승할 것이다. 이는 화석연료간에 단위가격당 탄소함유량과 열함유량에 차이가 나기 때문이다. 화석연료의 가격상승에 따라 전력가격도 상승할 것이고, 그 상승률은 2010년에는 기준안의 전력가격 대비 105.5%로 상당히 클 것이나, 전력생산비용에서 석탄이 차지하는 비용이 상대적으로

작기 때문에 석탄가격보다는 적게 상승할 것이다.

에너지산업을 제외한 산업별 산출물의 가격변화율을 기준안과 비교해서 살펴보면, 2010년에는 기초화학제품가격은 32.5%, 철강제품가격은 19.4%, 수송부문의 가격은 17.2%, 요업제품 및 시멘트가격은 7.9%가 상승할 것이나 반면에 서비스가격은 19.4%, 건설부문의 가격은 13.8%, 농업제품가격은 13.5%, 섬유제품가격은 10.4%, 제조업 생산품가격은 10.0%, 펄프 및 제지제품가격은 5.1%가 하락할 것이다.<sup>49)</sup> [그림 V-4]는 에너지열량세 부과가 에너지제품을 제외한 2010년의 재화별 소비자의 상대가격에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다.

[그림 V-4] 에너지열량세가 재화의 소비자가격에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 상대가격의 % 변화)



에너지열량세 부과에 따른 화석연료산업의 2010년의 생산변화를 살펴보면, 석탄생산은 기준안에 비해 82.5%가 감소될 것이며, 석유제품의 생산은 87.4%, 가스생산은 31.3%가 감소될 것이다. 이는 에너지탄소세에 비해 석탄산업의 생산은 2.1%p가 덜 감소한 것이며, 석유제품의 생산은 0.7%p, 가스산업의 생산은 7.8%p가 더 감소한 것으로 화석연료간에 단위가격당 탄소함유량과 열함유량의 차이로 가격상승의 정도가 다르기 때문이다. 에너지탄소세와 마찬가지로 소비자나 모든 산업부문의 생산자가 석탄가격상승에 따른 다른 화석연료로의 대체가 가능하고, 특히 생산자의 경우 노동이나 자본과 같은 다른 생산요소로의 대체도 가능하여 석탄수요의 감소가 더 쉽게 일어날 수가 있다. 석유제품의 생산이 많이 감소하는 것은 석유제품이 전 산업에 걸쳐 광범위하게 사용되고 있고, 석유제품의 사용으로 배출되는 이산화탄소가 화석연료의 연소로부터 발생하는 이산화탄소의 대부분을 차지하고 있기 때문이다.



[그림 V-5] 에너지열량세가 산업별 생산에 미치는 영향  
(2010년의 기준안 대비 생산량의 % 변화)



[그림 V-5]는 에너지열량세 부과가 2010년의 산업별 생산에 미치는 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다. 에너지열량세 부과로 인한 화석연료산업을 제외한 산업의 생산변화율을 기준안의 것과 비교해 보면, 2010년에는 기준안의 산업부문에서 생산되는 것보다 전력산업은 24.1%, 기초화학산업은 55.3%, 운수업은 36.2%, 철강산업은 24.5%, 건설업은 20.4%, 요업제품 및 시멘트산업은 17.6%만큼 생산이 감소될 것이나, 반면에 섬유산업은 34.9%, 기타 제조업은 12.7%, 비철금속산업은 9.2%, 펄프 및 제지산업은 5.6%만큼 생산이 증가될 것이다. 2010년에는 전 산업제품의 생산이 기준안에 비해 8.0%가 감소될 것이다. 철강산업의 생산감소는 화석연료의 비중이 높을 뿐만 아니라 화석연료 중에서도 에너지열량세의 영향을 가장 많이 받는 석탄의 비중이 높기 때문이다. 일부산업 특히 섬유산업 및 기타 제조업에서는 '1990년 안정화'를 위한 에너지열량세 부과로 오히려 생산이 증가할 것이다. 이와 같이 개별산업의 생산에 미치는 영향의 차이는 에너지탄소세와 마찬가지로 화석연료의 총 소비에서 개별산업이 소비한 화석연료의 비중과 각 산업이 생산하는 재화가격변화의 크기에서 차이가 나기 때문이다.

1990년에 각 산업부문이 소비한 화석연료의 비중은 앞에서 제시한 <표 VI-6>에 제시되어 있다. 에너지탄소세와 에너지열량세의 경우를 비교하면 2010년의 전 산업제품의 생산은 동일하게 기준안에 비해 8.0% 감소될 것이다. 그러나 산업별로는 생산변화에 차이가 나서 산업구조가 다르게 될 것이다. 개별산업의 생산변화를 보면 에너지탄소세의 경우에 비해 전력산업은 0.1%p, 기초화학산업은 1.5%p, 운수업은 1.2%p, 건설업은 0.5%p 만큼 생산이 더 감소될 것이고, 요업 및 시멘트산업의 생산감소는 같고, 철강산업은 3.2%p만큼 생산이 덜 감소될 것이다. 반면에 섬유제품은 0.5%p, 비철금속제품은 1.2%p, 펄프 및 제지제품은 0.1%p 만큼 생산이 덜 증가될 것이고, 기타 제조업제품은 0.7%p만큼 생산이 더 증가될 것이다. 에너지탄소세의 경우와 마찬가지로 화석연료 한 단위 소비감소에 드는 기회비용은 화석연료를 많이 사용하는 산업이 낮으며, 여기서 경제적 효율을 개선시켜야 한다. 결과적으로 생산물의 손실로 측정된 경제의 효율성을 높이는 것과 특정 산업에 부담을 가중시키는 것과는 이해상충 관계가 있다는 것을 알 수 있다. 여기서 산업별로 형평성(Equity)의 문제가 대두된다.

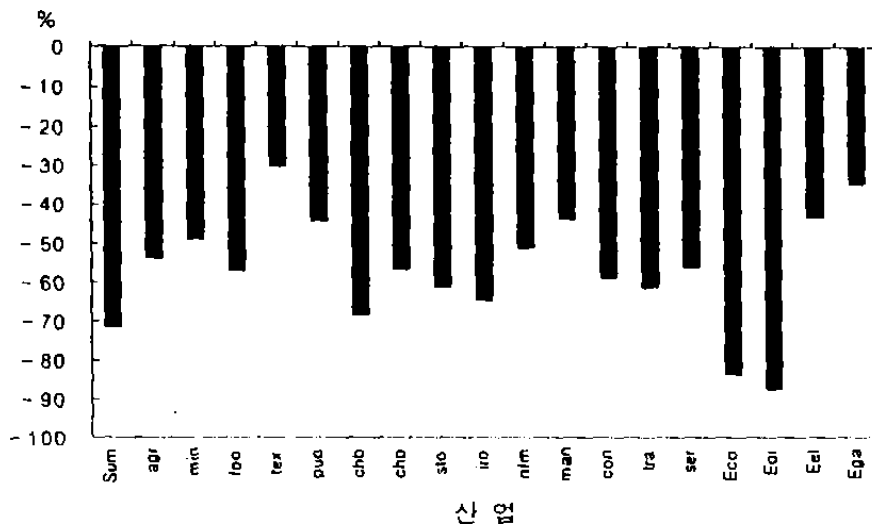
물론 이러한 결과를 볼 때 한국경제의 현재의 생산 및 소비구조를 에너지 효율적인 면에서 보다 더 바람직한 경제구조로 바뀌어야 할 필요가 있다는 것은 의심할 여지가 없다.

이산화탄소 배출량의 '1990년 안정화' 목표를 달성하기 위한 에너지 열량세의 부과로 1990년부터 2010년까지 20년 동안 누적된 모든 화석연료의 소비감소량은 기준안의 화석연료소비량에 비해 52.5%에 해당하는 24억 TOE가 될 것이다. 또한 2010년에는 화석연료의 총수요를

기준안의 화석연료 수요량에서 71.7%만큼 감소시켜야 할 것이다. 예상했던 것과 마찬가지로 최종소비부문(-91.9%)의 화석연료 수요변화가 화석연료의 가격변화에 가장 민감하다. 최종 소비부문이 다른 산업부문(생산부문)보다 화석연료와 다른 재화간의 대체탄력성이 높기 때문이다.

에너지산업은 생산감소 때문에 화석연료의 수요가 줄어들 것이며, 석탄산업의 화석연료수요는 82.5%, 석유산업은 87.4%, 가스산업은 31.3%가 감소할 것이다. 에너지산업을 제외한 생산부문에서는 기초화학, 철강, 수송부문 같은 에너지 다소비산업이 화석연료의 가격 변화에 따른 화석연료의 수요 변화에 매우 민감하다 (즉, 기초화학: -68.3%, 철강: -64.6%, 수송: -61.5%, 에너지산업을 제외한 산업 평균: -54.1%). 각 산업의 생산 감소량뿐 아니라 화석연료의 비중과 형태도 화석연료 수요 감소에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 화석연료 수요 및 이산화탄소 배출량을 필요한 만큼 조절하는데 최종소비부문을 포함하여 전력산업, 기초화학산업 및 기타 에너지 다소비산업(수송, 철강, 요업)이 중요하다는 것을 알 수 있다. [그림 V-6]은 에너지열량세 부과가 2010년의 산업별 화석연료 수요에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다.

[그림 V-6] 에너지열량세가 산업별 화석연료수요에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 수요량의 % 변화)



다. 에너지종가세가 산업에 미치는 영향<sup>50)</sup>

이산화탄소 배출을 감축하기 위해서 에너지탄소세나 에너지열량세보다는 덜 효율적이지만 에너지종가세의 부과를 고려해 볼 수 있다.

여기서는 1990년 이산화탄소 배출수준을 2010년까지 안정화시키기 위해서 에너지종가세를 부과할 경우 우리 나라 산업에 미치는 영향을 분석하고자 한다. 이산화탄소의 배출억제의 '1990년 안정화' 목표를 달성하기 위해서 화석연료의 가격(화폐금액)에 같은 세율의 에너지종가세를 모든 화석연료에 부과하는 것이다. <표 V-1>의 에너지종가세 항목에서 보듯이 추정된 2010년의 에너지종가세율은 모든 화석연료(석탄, 석유, 가스)에 대해 684.4%로 추정되었다. 화석연료의 탄소함유량 또는 열함유량(TOE)당 가격이 석유나 가스에 비해 석탄이 가장 싸기 때문에 에너지종가세의 경우는 에너지탄소세나 에너지열량세의 경우에 비해 석유가격이나 가스가격이 석탄가격 보다 더 많이 상승하게 된다.

'1990년 안정화' 목표를 달성하기 위해 에너지종가세 부과로 인한 산업별 영향을 살펴보면 화석연료간의 상대가격의 변화는 모든 재화의 상대가격의 변화를 가져오고, 이러한 변화는 에너지와 비에너지 재화 모두의 수요에 영향을 미치며, 각 산업의 생산에 영향을 미쳐 산업 구조에 변화를 가져오기 때문에 각 산업에 미치는 경제적 비용은 산업간에 그 차이가 매우

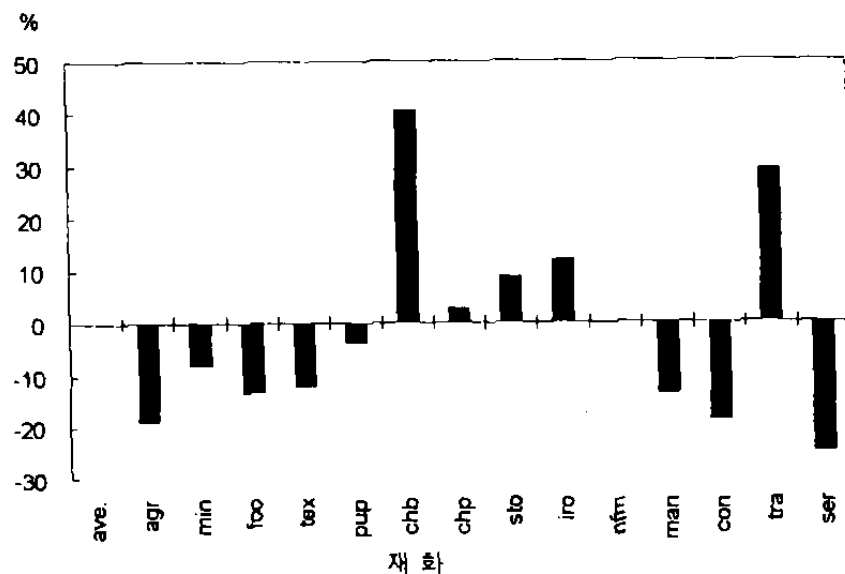
크다. 특히 에너지종가세 부과로 인한 산업별 영향은 앞에서 언급한 에너지탄소세나 에너지열량세 부과가 산업에 미치는 영향과는 그 형태가 매우 다르다.

'1990년 안정화' 목표를 달성하기 위해 에너지종가세를 부과하여 이산화탄소를 감축하는 정책실험을 수행한 결과 에너지종가세의 부과가 우리 나라의 산업의 생산, 산출물의 가격과 화석연료의 수요에 미치는 효과를 <표 V-1>의 에너지종가세 항목에 요약하였다. 각 산업에 영향을 미치는 정도는 에너지종가세의 부과로 발생하는 직접비용, 재화가격에 미치는 직·간접 효과, 경제 주체들의 대체 가능성들의 상호작용에 의해서 나타난다. 에너지탄소세나 에너지열량세와 마찬가지로 에너지종가세도 직접적으로 영향을 받는 재화의 가격을 상승시키고, 정책의 강도가 강할수록 직접관련이 있는 재화의 가격이 더 많이 상승하게 되고, 그 산업의 생산재 수요를 떨어뜨린다. 또한 에너지종가세는 간접적으로 산업생산에 생산요소로 사용되는 재화의 가격에도 영향을 미친다. 이러한 간접적인 가격효과는 산업생산에 부정적인 영향을 가일층시킨다. 그러나 생산자나 소비자는 에너지종가세의 영향을 덜 받는 재화로 대체가능성에 따라 이러한 직·간접의 가격상승효과를 상쇄시킨다. 에너지종가세 부과가 산업에 미치는 영향은 에너지탄소세나 에너지열량세 부과가 산업에 미치는 영향과는 다르다. 에너지종가세부과시는 에너지탄소세나 에너지열량세 부과 시에 비해 석유나 가스를 상대적으로 많이 사용하는 산업이 더 많이 영향을 받게 될 것이다.

또한 모든 화석연료의 가격에 비례하여 상당히 높은 세율의 에너지 종가세를 부과함으로써 모든 화석연료의 가격은 매우 높게 상승할 것이다. 에너지종가세 부과시의 화석 연료별 가격(2차 생산물의 소비자가격)변화를 보면, 2010년에는 기준안에 비해 석탄가격은 746%, 석유가격은 752%, 가스가격은 2010년에 4350%가 상승할 것으로 분석되었다.<sup>51)</sup>

특히 에너지탄소세나 에너지열량세 부과 시와 달리 에너지종가세 부과시의 화석연료의 가격 상승률은 가스가격의 상승률이 가장 높고, 석유가격과 석탄가격의 상승률은 상대적으로 낮다. 그러나 에너지탄소세에 비해 석탄제품가격은 513%p만큼 덜 상승한 것이고, 석유제품가격은 357%p, 가스제품가격은 4,059%p가 더 상승할 것이다. 이는 화석연료간에 단위가격당 탄소 함유량에 차이가 나기 때문이다. 또한 이러한 화석연료의 가격상승에 따라 전력가격 상승도 기준안 대비 2010년에는 254%로 상당히 많이 상승할 것이고, 에너지탄소세나 에너지열량세를 부과할 때보다도 상당히 많이 상승할 것이다.

[그림 V-7] 에너지종가세가 재화의 소비자가격에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 상대가격의 % 변화)

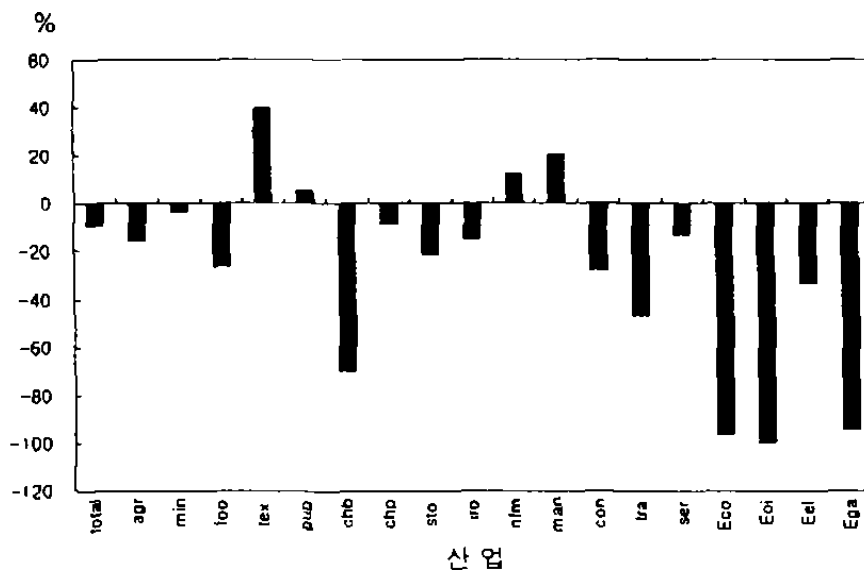


[그림 V-7]은 에너지종가세의 부과가 에너지산업을 제외한 2010년의 재화별 소비자의 상대가격에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다. 에너지산업을 제외한 산업

별로 기준안 대비 2010년의 가격변화율을 보면, 기초화학제품은 40.3%, 철강제품은 12.0%, 수송부문은 29.1%, 요업제품 및 시멘트는 8.8%가 상승할 것이나 반면에 서비스는 25.2%, 건설업은 18.9%, 농업제품은 19.1%, 섬유제품은 12.3%, 제조업 생산품은 13.9%, 음식료품은 13.3%가 하락할 것이다.<sup>52)</sup>

에너지종가세 부과에 따른 화석연료산업의 2010년의 생산변화를 살펴보면, 석탄생산은 기준안에 비해 96.5%가 감소될 것이며, 석유제품의 생산은 99.9%, 가스생산은 94.4%가 감소될 것이다. 이는 에너지탄소세에 비해 석탄산업의 생산은 11.9%p, 석유제품의 생산은 13.2%p, 가스산업의 생산은 70.9%p가 더 감소한 것으로 화석연료간에 단위가격당 탄소함유량의 차이로 가격상승의 정도가 다르기 때문이다. 화석연료산업을 제외한 산업의 기준안 대비 2010년의 생산변화율을 보면, 전력부문이 33.8%, 기초화학부문이 70.2%, 운수부문이 47.4%, 철강제품부문이 15.1%, 건설업이 27.9%, 요업제품 및 시멘트가 21.6% 감소될 것이나, 반면에 섬유제품이 39.8%, 기타 제조업제품이 20.9%, 비철금속제품이 12.1%, 펄프 및 제지제품이 5.5%가 증가될 것이다. 2010년에는 전 산업제품의 생산이 기준안에 비해 9.8%가 감소될 것이다. 이러한 산업별 차이는 산업생산부문에서의 에너지, 특히 화석 연료원별 비중과 산업별 생산 재화가격의 변화 정도에 기인한다. 기초화학산업과 운수업의 생산감소는 화석연료의 비중이 높을 뿐만 아니라 화석연료 중에서도 에너지종가세의 영향을 가장 많이 받는 석유나 가스의 비중이 높기 때문이다. 1990년에 각 산업부문이 소비한 화석연료의 비중은 앞에서 제시한 <표 IV-6>에 제시되어 있다.

[그림 V-8] 에너지종가세가 산업별 생산에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 생산량의 % 변화)



[그림 V-8]은 에너지종가세 부과가 2010년의 산업별 생산에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다. 에너지종가세의 경우 에너지탄소세에 비해 2010년의 전 산업제품의 생산은 1.8%p가 더 감소될 것이다. 개별산업의 생산변화를 보면 에너지탄소세의 경우에 비해 전력산업은 9.8%p, 기초화학산업은 16.4%p, 운수업은 12.4%p, 건설업은 8.0%p, 요업 및 시멘트산업은 4.0%p 만큼 생산이 더 감소될 것이나 철강산업은 12.6%p만큼 생산이 덜 감소될 것이다. 반면에 섬유제품은 4.4%p, 비철금속제품은 4.1%p, 기타 제조업제품은 8.9%p 만큼 생산이 더 증가될 것이고, 펄프 및 제지제품은 0.2%p만큼 생산이 덜 증가될 것이다. 이와 같이 에너지탄소세와 에너지종가세의 경우 산업별 생산 변화의 차이가 커져 산업구조가 상당히 다르게 될 것이다. 이는 산업 부문별로 사용하는 화석연료원의 비중의 차이에 기인하는 바가 크다.



어나지 않기 때문이다.

#### 라. 직접규제가 산업에 미치는 영향<sup>53)</sup>

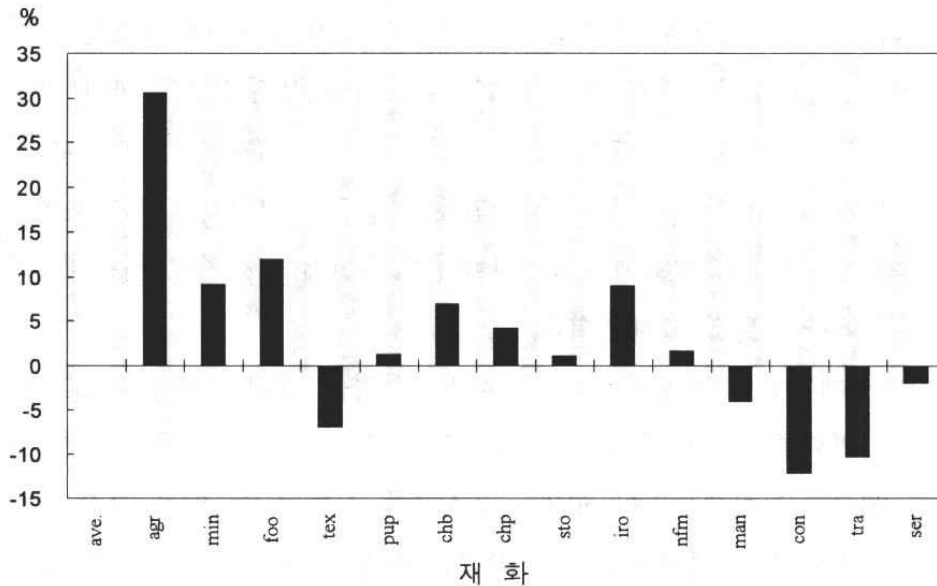
지금까지 1990년의 이산화탄소 배출수준을 1990년부터 2010년까지 안정화시키기 위해서 에너지탄소세를 비롯한 조세수단을 사용할 시 우리 나라 산업에 미치는 경제적 영향을 분석하였다. 여기서는 1990년 이산화탄소 배출수준을 2010년까지 안정화시키기 위해서 조세수단 이외에 직접규제 수단을 사용할 시 우리 나라 산업에 미치는 영향을 분석한다. 우리 나라가 이산화탄소의 배출억제의 '1990년 안정화' 목표를 달성하기 위해서 경제전체의 이산화탄소 배출억제 목표가 허용하는 범위에서 각 산업부문에서 이산화탄소 배출허용량을 할당하여야 한다.

그러나 현실적으로 산업부문별로 적절하게 이산화탄소 배출허용량을 할당하는 것은 거의 불가능하다. 그러므로 이 정책실험은 직접규제수단을 사용하여 경제전체의 이산화탄소 배출억제목표를 달성하려면 각 산업별로 적정 이산화탄소 배출허용량이 얼마이며, 직접규제수단을 사용하여 이산화탄소배출 억제목표를 달성할 때에 우리 나라 산업에 미치는 영향을 분석하고자 하는 것이다.

'1990년 안정화' 목표를 위해 직접규제수단을 사용할 때 산업부문에 미치는 영향을 살펴보기로 하자. 앞에서 분석한 조세수단에 의한 이산화탄소 배출억제정책과는 달리 직접규제수단을 사용할 때는 정부의 추가수입이 없는 것은 물론이고, 화석연료의 가격상승을 예상할 수 없다. 직접규제수단을 사용하여 이산화탄소 배출을 억제하기 위해서는 첫째, 산업별 생산량을 줄여서 둘째, 수유부문에서의 화석연료에서 비화석연료나 비에너지 재화로 전환, 생산부문에서의 탄소 함유량이 많은 연료(석탄)에서 탄소 함유량이 적은 연료(가스), 또는 화석연료에서 다른 생산요소(노동, 자본)로의 전환을 통해 달성될 수 있다. 앞에서 언급한 조세수단이 화석연료가격의 변화에 따른 재화가격의 상대적 변화에 따라 시장기능을 통해 이산화탄소 배출 억제를 달성하는 것이라면 직접규제수단은 이산화탄소 배출을 억제하기 위해서 각 경제주체가 화석연료 사용을 인위적으로 억제하는 것이기 때문에 조세수단과 직접규제수단이 산업생산과 재화의 수요 및 가격에 미치는 영향은 상당히 다르다. 직접규제수단을 사용하여 이산화탄소를 감축할 시 우리 나라 산업의 생산, 산출물의 가격과 화석연료의 수요에 미치는 영향이 앞에서 제시한 <표 V-1>의 직접규제 항목에 요약되어 있다.

또한 화석연료산업의 가격(2차 생산물의 소비자가격)변화를 보면, 2010년에는 기준안에 비해 석탄가격은 5.1%, 석유가격은 0.9%, 가스가격은 3.8%가 하락할 것이다. 에너지탄소세를 비롯한 조세수단과 직접규제수단은 화석연료의 가격과 수요의 변화형태와 변화정도가 매우 다르다. 이는 화석연료에 세금을 부과하여 화석연료가격을 상승시켜 화석연료의 수요를 억제하는 에너지탄소세를 비롯한 조세수단과는 달리 직접 규제로 화석연료의 사용을 억제하여 정책목표를 달성하는 수단이기 때문에 화석연료제품의 가격상승은 거의 일어나지 않는다. 그러나 2010년에는 전력가격이 기준안 대비 40.8%가 상승하여 모든 재화가격중 그 상승폭이 가장 클 것이나, 에너지탄소세 등의 조세수단을 사용할 때보다는 가격상승폭이 매우 적을 것이다.

[그림 V-10] 직접규제가 재화의 소비자가격에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 상대가격의 % 변화)

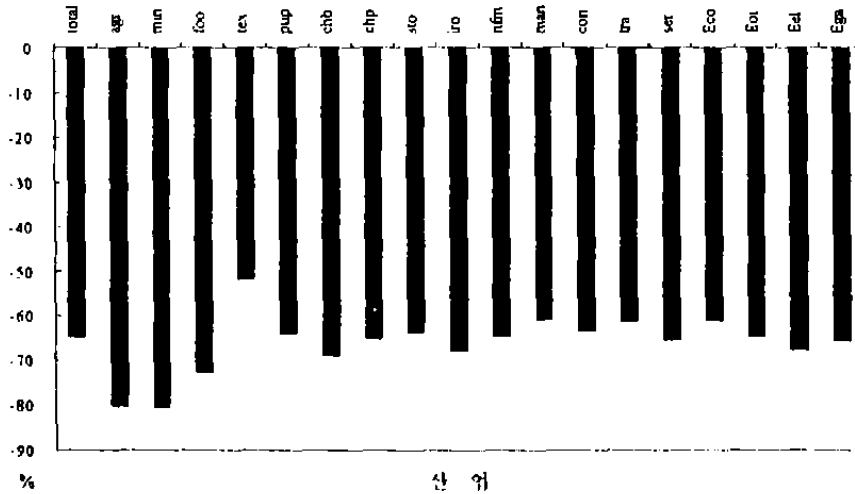


[그림 V-10]은 이산화탄소의 배출감축목표를 달성하기 위한 직접규제수단의 사용이 2010년의 에너지산업을 제외한 재화별 소비자의 상대가격에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다. 산업별로 기준안 대비 2010년의 가격변화율을 살펴보면, 농림제품은 30.0%, 음식료품은 11.9%, 광업은 9.2%, 철강제품은 9.0%가 상승할 것이나 반면에 건설업은 12.1%, 운수업은 10.3%, 섬유제품은 6.9%, 제조업 생산품은 4.1%, 서비스업은 2.0%가 하락할 것이다<sup>54)</sup>.

[그림 V-11]은 이산화탄소의 배출감축목표를 달성하기 위한 직접규제수단의 사용이 2010년의 산업별 생산에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다. 직접규제에 의한 2010년의 화석연료산업의 생산변화율을 살펴보면, 석탄생산은 기준안에 비해 61.2%가 감소될 것이며, 석유제품의 생산은 65.0%, 가스산업의 생산은 66.0%, 전력의 생산은 67.9%가 감소될 것이다. 이는 에너지탄소세에 비해 석탄산업의 생산은 23.4%p, 석유제품의 생산은 21.7%p가 덜 감소한 것이며, 가스산업의 생산은 42.5%p, 전력산업의 생산은 43.9%p가 더 감소한 것이다. 이는 에너지탄소세의 경우 에너지탄소세의 부과로 석탄이나 석유가격이 가스가격보다 상대적으로 더 큰 폭으로 상승하여 석탄이나 석유에서 가스로의 대체가 일어난 반면에 직접규제수단의 경우는 화석연료간의 상대가격의 변화가 거의 일어나지 않아서 화석연료간의 대체가 거의 일어나지 않았기 때문이다.

직접규제수단을 사용할 경우 화석연료산업을 제외한 산업의 2010년의 생산변화를 기준안과 퍼센트로 분석된 변화율을 살펴보면, 광업이 80.6%, 농림수산업이 80.3%, 음식료품 산업이 72.7%로 가장 많이 감소될 것이고, 기초화학부문이 69.2%, 철강제품부문이 68.1%가 감소되는 등 전 산업부문이 60%이상 감소될 것이다. 2010년의 직접규제수단에 의한 전체 산업제품의 총생산은 기준안에 비해 64.9%가 감소될 것으로 에너지탄소세의 8.0%에 비해 무려 56.9%p가 더 감소할 것이다. 이는 조세수단이 가격변화에 의한 시장기능으로 생산요소 및 재화간의 대체에 의해 이산화탄소 배출을 감축하는 반면에 직접규제수단의 경우는 많은 부분을 산업의 생산물 감소로 이산화탄소 배출을 감축하기 때문에 일어나는 현상이다. 또한 직접규제수단의 경우 에너지탄소세를 비롯한 조세수단의 경우와 달리 산업생산물간의 상대가격의 변화가 작아 개별산업의 생산감소정도가 전체산업의 생산감소정도와 차이가 많이 일어나지 않는다.

[그림 V-11] 직접규제가 산업별 생산에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 생산량의 % 변화)



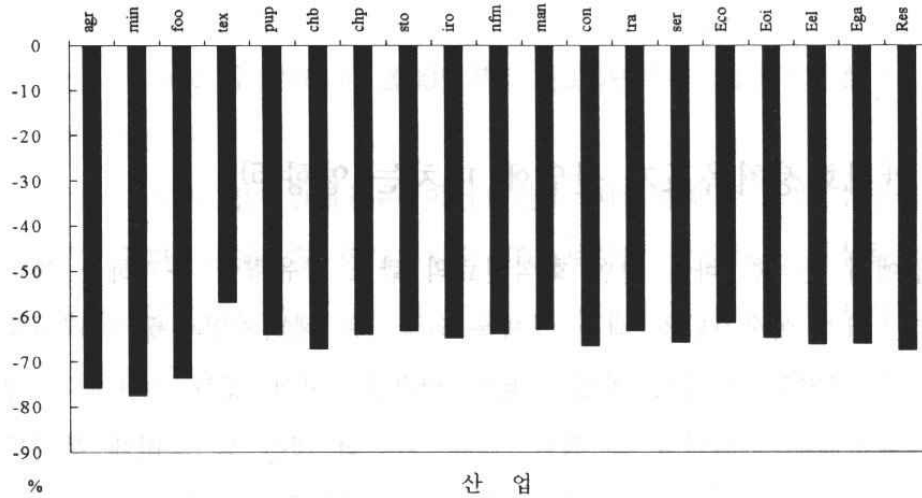
직접규제수단과 에너지탄소세의 2010년의 화석연료산업을 제외한 산업별 생산변화를 비교해 보면, 직접규제수단의 경우가 에너지탄소세의 경우에 비해 기초화학산업은 15.4%p, 운송업은 26.3%p, 건설업은 43.6%p, 요업 및 시멘트산업은 46.2%p, 철강산업은 40.46%p 만큼 생산이 더 감소될 것이다. 또한 에너지탄소세의 경우 생산이 증가할 것으로 추정된 섬유제품, 기타 제조업제품, 비철금속제품산업과 펄프 및 제지제품산업도 직접규제수단의 경우 생산감소가 커서 에너지탄소세에 비해 각각 87.3%p, 73.0%p, 73.0%p, 79.8%p만큼 생산감소가 더 일어날 것이다. 이와 같이 에너지탄소세와 직접규제의 경우 산업별 생산변화의 차이가 커서 두 경우는 전혀 다른 산업구조가 나타날 것이다.

<표 V-1>에서 에너지탄소세를 비롯한 조세수단과 직접규제수단의 산업생산을 살펴보면 화석연료산업을 제외한 산업의 경우 직접규제수단을 사용할 때가 에너지탄소세를 비롯한 조세수단을 사용할 때에 비해 2010년의 산업별 생산이 전반적으로 상당히 크게 감소한다는 것을 알 수 있다.

직접규제수단이 산업별 화석연료 수요에 미치는 영향은 앞에서 분석한 조세수단(에너지탄소세, 에너지열량세, 에너지종가세)이 산업별 화석연료 수요에 미치는 영향과는 그 형태를 달리한다. '1990년 안정화'목표를 달성하기 위해 직접규제수단을 사용할 때의 화석연료 수요감소 효과를 보면 1990년부터 2010년까지 20년 동안 누적된 화석연료 감소량은 기준안의 화석연료수요에 비해 44.7%에 해당하는 20.4억 TOE가 될 것이다.



[표 V-12] 직접규제가 산업별 화석연료수요에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 수요량의 % 변화)



[표 V-12]는 이산화탄소의 배출감축목표를 달성하기 위한 직접규제수단의 사용이 2010년의 산업별 화석연료 수요에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다. 직접규제수단에 의한 2010년의 화석연료 총수요가 기준안의 화석연료수요에 비해 77.8%만큼 감소될 것이다. 화석연료의 수요는 산업별로는 기준안에 비해 광업이 77.5%, 농림수산업이 75.9%, 음식료품 산업이 73.7%로 70%이상이 감소할 것이고, 섬유제품산업은 56.9%가 감소할 것이다. 기타산업부문의 화석연료 수요감소는 60%대로 감소하게 될 것이다. 직접규제수단의 경우 기업이나 가계는 이산화탄소 배출을 억제하기 위해 상대적으로 가격은 싸지만 이산화탄소 배출이 많은 연료에서 가격은 비싸지만 이산화탄소 배출이 적은 연료로의 전환이 불가피하고, 기업은 생산과정에서 상대적으로 비용이 적게 드는 화석연료에서 상대적으로 비용이 많이 드는 본원적 생산요소로의 전환이 불가피하게 된다. 따라서 각 산업부문에서 화석연료의 사용감소가 일어나게 되고, 화석연료의 사용감소는 조세수단을 사용한 경우와는 달라 전 산업에서 비슷하게 감소하게 될 것이다.

주석 42) 정책수단 즉, 에너지탄소세, 에너지열량세, 에너지종가세 등의 조세수단과 직접규제수단이 거시경제에 미치는 영향에 대한 것은 강윤영(1999)을 참조.

주석 43) 대부분의 연구는 온실가스 배출에 대한 가장 실현 가능한 세원으로 소비된 화석연료의 탄소 함유량을 적용했다. Pearce (1991), Boero et al. (1991) Jorgenson과 Wilcoxon (1992), Repetto et al. (1992), Dower와 Zimmerman (1992), OECD(1992a, 1993), Jones와 Tobler (1993), Pillet et al. (1993), 그리고 Boyd et al. (1994)을 참조하시오.

주석 44) 환경세수입사용의 중립성, 즉 세수입 전체를 정부에서 가계로 이전(lump-sum process)하는 것은 가계의 가처분소득의 증가를 가져온다. 로그-선형수요체계(log-linear demand system)를 가진 효용극대화 가계는 가처분소득을 소비재 및 자본재에 배분하고, 결국 환경 관련 세의 세수입의 일부는 자본스톡의 증가에 기여한다.

주석 45) 정책수단으로써 에너지탄소세가 거시경제에 미치는 영향에 대한 것은 강윤영 (1991)을 참조.

주석 46) 화석연료제품의 가격상승은 모델의 정책실험의 결과로 현실경제에서는 수용하기 어려운 것이다.

주석 47) 2010년의 재화별 가격은 2010년의 가격지수가 1990년의 가격지수와 같게 전체 산업제품의 가중평균 가격상승률을 0%로 조정한 후 산출된 수치다.

주석 48) 정책수단으로써 에너지열량세가 거시경제에 미치는 영향에 대한 것은 강운영(1999)을 참조.

주석 49) 2010년의 재화별 가격은 2010년의 가격지수가 1990년의 가격지수와 같게 전체 산업제품의 가중평균 가격상승률을 0%로 조정한 후 도출된 수치이다.

주석 50) 에너지증가세가 거시경제에 미치는 영향에 대한 것은 강운영(1999)을 참조.

주석 51) 물론 이와 같은 화석연료의 가격상승은 현실경제에서는 일어나기 어려운 비현실적인 것이다. 이는 모형을 통한 정책실험의 결과로 이와 같은 정책을 채택하는 것이 불가능하다는 것을 함축하고 있다.

주석 52) 2010년의 재화별 가격은 2010년의 가격지수가 1990년의 가격지수와 같게 전체 산업제품의 가중평균 가격상승률을 0%로 조정한 후 도출된 수치다.

주석 53) 직접정책수단이 거시경제에 미치는 영향에 대한 것은 강운영(1999)을 참조.

주석 54) 2010년의 재화별 가격은 2010년의 가격지수가 1990년의 가격지수와 같게 전체 산업제품의 가중평균 가격상승률을 0%로 조정한 후 도출된 수치이다.

## 2. 안정화정책목표가 산업에 미치는 영향<sup>55)</sup>

앞에서 분석한 바와 같이 화석연료의 탄소 함유량에 부과하는 에너지탄소세가 이산화탄소 배출 억제를 위해서는 에너지열량세, 에너지증가세와 직접규제수단에 비해서 보다 비용효과적인 정책 수단이다. 에너지탄소세는 화석연료 즉 석탄, 석유, 가스의 생산 및 소비에 부과될 수 있고, 직접적으로 이산화탄소 배출과 관련하여 부과되는 장점을 가지고 있다. 여기서는 이산화탄소 배출 억제 수준의 차이에 따른 산업생산에 미치는 파급효과를 비교·분석하기 위해서 시나리오별로 다양한 이산화탄소 배출 감축목표를 설정하고, 이를 달성하기 위해 화석연료에 에너지탄소세를 부과할 때 경제적 손실을 최소화할 수 있는 적정 에너지탄소세율을 구하고, 에너지탄소세 부과가 산업생산에 미치는 영향에 대해 분석하기로 한다.

이를 위해 다음과 같은 세 가지의 시나리오를 설정하였다.

- (1) '1990년 안정화'는 이산화탄소 배출을 기준년의 1990년 배출수준으로 억제하기 위해서 1990년부터 2010년까지 에너지탄소세를 부과하는 안.
- (2) '1995년 안정화'는 이산화탄소 배출을 기준년의 1995년 배출수준으로 억제하기 위해서 1995년부터 2010년까지 에너지탄소세를 부과하는 안.
- (3) '2000년 안정화'는 이산화탄소 배출을 기준년의 2000년 배출수준으로 억제하기 위해서 2000년부터 2010년까지 에너지탄소세를 부과하는 안.

위의 세 가지의 정책실험들은 이산화탄소 배출억제 정도에 상당히 큰 차이가 있다. 1990년의 화석연료의 연소로부터 발생하는 이산화탄소 배출량은 66.22백만 탄소톤이다. '1990년 안정화'는 빠른 GNP 성장에도 불구하고 1990년의 이산화탄소 배출수준 66.22백만 탄소톤을 2010년까지 유지하는 것으로 2010년에는 기준년의 이산화탄소 배출량인 193.70백만 탄소톤의 65.8%에 해당하는 127.48백만 탄소톤을 감축하여야하므로 이산화탄소 배출량의 감축폭이 매우 크다. '1995년 안정화'는 기준년의 1995년 이산화탄소 배출량인 88.36백만 탄소톤을

2010년까지 유지하는 것으로 2010년에는 기준안의 이산화탄소 배출량인 193.70백만 탄소톤의 54.4%에 해당하는 105.34백만 탄소톤을 감축하여야 하므로 이산화탄소 배출감축 정도가 '1990년 안정화'보다 약간 덜 크다. '2000년 안정화'는 기준안의 2000년 이산화탄소 배출량인 116.02 백만 탄소톤을 2010년까지 유지하는 것으로 2010년에는 기준안의 이산화탄소 배출량인 193.70 백만 탄소톤의 40.1%에 해당하는 77.68백만 탄소톤을 감축하여야 하므로 이산화탄소 배출량의 감축 정도가 세 가지의 정책실험 중에서 가장 작으나 이산화탄소 배출량의 감축폭은 상당히 크다.

시나리오별 정책실험에서는 경제 전체가 달성해야 할 이산화탄소의 배출량이 외생적으로 정해지면 화석연료의 탄소 함유량에 비례해서 에너지탄소세를 부과하고 이산화탄소 배출목표를 달성하기 위한 에너지 탄소세율을 모형내에서 구한다. 각 정책 실험간에 일관성을 유지하기 위해 에너지탄소세를 동일한 과세원에 동일한 과세방법으로 부과한다. 위의 정책 실험은 이산화탄소 배출을 억제하는 정도에 따라 국민경제에 미치는 영향의 크기에는 상당한 차이가 있다. 위의 정책실험들 중에서 이산화탄소 배출억제 정도가 가장 완화된 시나리오도 에너지탄소세 부과에 의한 세수입이 상당히 많기 때문에 에너지탄소세 수입을 사용하는 방법에 따라 경제에 미치는 영향은 차이가 많이 날 수 있다. 여기서는 에너지탄소세의 세수입 전액을 정부로부터 가계에 이전하는 것으로 가정한다. 에너지탄소세의 세수입 사용방법에 따른 경제적 영향에 대한 분석은 다음에 고찰하기로 하고, 여기서는 이산화탄소 배출감축 정도에 따라 에너지탄소세가 국민경제에 미치는 정도가 얼마나 다른 지에 대해 분석하기 위해 앞에서의 '1990년 안정화' 정책실험의 분석에 이어, '1995년 안정화'와 '2000년 안정화'의 정책실험 결과가 '1990년 안정화'의 결과와 어떻게 다른지에 대해서 분석하고자 한다.

모든 '안정화' 정책실험의 직접적인 효과는 석탄, 석유, 가스 등의 화석연료의 소비자가격을 상승시키고, 이는 화석연료부터 다른 재화나 생산요소로의 대체를 유도하고, 또한 모든 다른 재화나 생산요소의 가격과 수요에 영향을 주며, 결국 산업생산에 영향을 준다. 에너지탄소세가 각각의 재화나 산업에 영향을 주는 정도는 상당한 차이가 있다.

안정화목표를 달성하기 위해 사용된 정책수단으로서 에너지탄소세는 모든 화석연료의 탄소 함유량에 부과되며, 2010년의 탄소톤당 에너지탄소세액은 '1990년 안정화'는 80.0만원, '1995년 안정화'와 '2000년 안정화'의 경우는 이보다 적은 40.8만원과 17.9만원에 달할 것이다. 이 같은 에너지탄소세의 부과로 2010년 에너지탄소세 수입은 '1990년 안정화'의 66.2조원부터 점차 적어져, '1995년 안정화'의 경우 45.8조원, '2000년 안정화'의 경우 27.4조원이 될 것이다. '1990년 안정화', '1995년 안정화'와 '2000년 안정화' 목표를 달성하기 위한 에너지탄소세 부과가 우리 나라의 산업부문에 미치는 영향을 분석하기 위한 모델결과를 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타낸 각 산업의 생산, 산출물의 가격 및 화석연료수요에 미치는 효과가 < 표 V-2>에 요약되어 있다.

'1995년 안정화'와 '2000년 안정화'를 달성하기 위한 에너지탄소세 부과가 산업에 미치는 영향을 산업별로 살펴보면 각 산업에 미치는 경제적 비용은 산업간에 그 차이가 매우 크다. 에너지탄소세 부과에 의한 화석 연료간의 상대가격 변화는 모든 재화의 상대가격체계의 변화를 가져오고, 이러한 변화는 에너지와 비에너지 재화 모두의 수요에 영향을 미치며, 각 산업의 생산에 영향을 미쳐 산업구조에 변화를 가져온다. '안정화'의 정책 실험들 간에는 이산화탄소 배출을 억제하는 정도의 차이에 따라 산업에 미치는 영향, 즉 재화의 가격, 각 산업 부문별 생산 및 화석연료 수요에 미치는 영향의 크기는 상당히 차이가 나지만, 산업구조에 미치는 영향의 형태는 같다. 에너지탄소세의 부과는 석탄, 석유, 가스 등 화석연료에 따라 개별 화석연료의 가격에 미치는 효과는 매우 다르다. 특히 에너지탄소세는 그 성질상 이산화탄소 배출을 더 많이 하는 화석연료의 가격을 더 상승시킬 것이다. 먼저 화석연료의 가격(2차 생산물의 소비자가격)을 살펴보면 2010년의 석탄가격은 기준안의 석탄가격에 비해 643.2% ('1995년 안정화'), 283.6% ('2000년 안정화'), 석유제품가격은 208.1% ('1995년 안정화'), 97.2% ('2000년 안정화'), 가스가격은 153.6% ('1995년 안정화'), 71.1% ('2000년 안정화')만큼 상승될 것이다. 화석연료의 가격상승에 따라 전력가격도 기준안의 가격에 비해 2010년에는 54.6% ('1995년 안정화'), 25.2% ('2000년 안정화')로 상당히 많이 상승할 것이나, 전력생산비용에서 석탄이 차지하는 비용이 상대적으로 작기 때문에 석탄가격보다는 적게 상승할 것이다.

<표 V-2> 정책목표에 따른 산업별 에너지탄소세의 경제적 영향분석

	1990년 안정화	1995년 안정화	2000년 안정화
<b>산업별 생산</b>			
1. 농림수산업	-9.9	-4.0	-1.1
2. 광업	-4.3	-1.3	0.3
3. 음식료품	-18.0	-9.5	-4.3
4. 섬유제품	35.4	20.5	11.3
5. 펄프 및 지류	5.7	4.8	3.5
6. 기초화학	-53.8	-38.2	-22.6
7. 화학제품	-5.7	-3.5	-1.5
8. 요업 및 시멘트	-17.6	-10.0	-4.8
9. 철강제품	-27.7	-17.7	-9.3
10. 비철금속	8.0	6.7	5.0
11. 기타 제조업	12.0	8.5	5.4
12. 건설업	-19.9	-11.1	-5.5
13. 운송 및 보관	-35.0	-22.7	-12.5
14. 서비스 및 기타	-8.7	-4.2	-1.7
15. 석탄 및 석탄제품	-84.6	-77.6	-65.7
16. 석유제품	-86.7	-79.9	-67.9
17. 전력	-24.0	-16.3	-9.4
18. 가스	-23.5	-13.1	-5.0
<b>소비자 가격</b>			
1. 농림수산업	-13.4	-8.6	-4.9
2. 광업	-7.0	-4.5	-2.6
3. 음식료품	-10.3	-6.6	-3.8
4. 섬유제품	-10.3	-6.5	-3.7
5. 펄프 및 지류	-5.2	-3.6	-2.2
6. 기초화학	31.6	22.1	12.7
7. 화학제품	1.2	1.1	0.5
8. 요업 및 시멘트	8.4	4.9	2.4
9. 철강제품	17.0	11.1	6.1

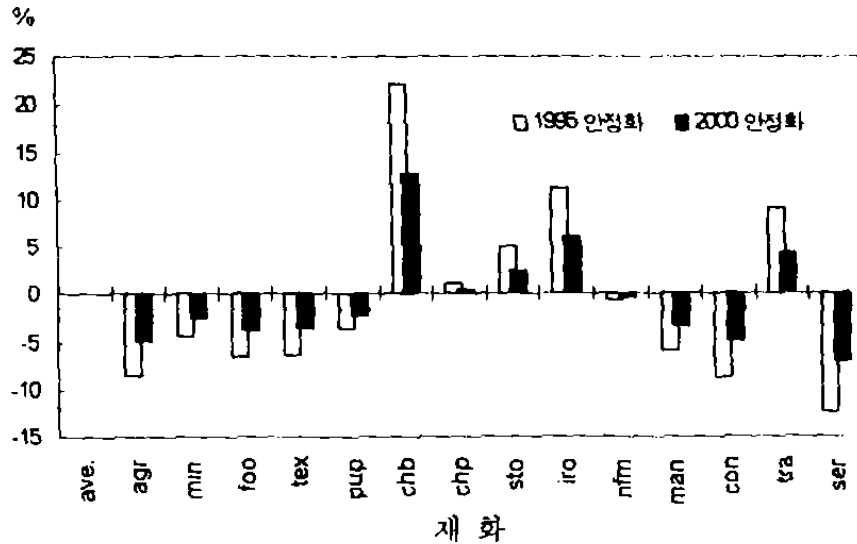
<표 V-2>에서 계속

	1990년 안정화	1995년 안정화	2000년 안정화
소비자가가격(계속)			
10. 비철금속	-0.6	-0.5	-0.4
11. 기타 제조업	-9.7	-6.0	-3.4
12. 건설업	-13.6	-8.7	-5.0
13. 운성 및 보관	15.7	9.0	4.4
14. 서비스 및 기타	-19.1	-12.4	-7.0
15. 석탄 및 석탄제품	1258.7	643.2	283.6
16. 석유제품	394.9	208.1	97.2
17. 전력	103.1	54.6	25.2
18. 가스	290.6	153.6	71.1
산업별 에너지수요			
1. 농림수산업	-51.2	-39.0	-25.0
2. 광업	-51.2	-35.8	-22.6
3. 음식료품	-54.1	-41.4	-22.6
4. 섬유제품	-24.9	-22.5	-14.4
5. 펄프 및 지류	-43.5	-32.1	-20.3
6. 기초화학	-66.7	-52.0	-34.3
7. 화학제품	-53.0	-45.5	-32.6
8. 요업 및 시멘트	-59.1	-49.7	-36.1
9. 철강제품	-64.3	-55.1	-40.2
10. 비철금속	-49.3	-42.2	-30.8
11. 기타 제조업	-43.9	-32.6	-21.2
12. 건설업	-57.7	-42.9	-27.4
13. 운성 및 보관	-60.4	-45.2	-29.0
14. 서비스 및 기타	-54.3	-42.7	-29.0
15. 석탄 및 석탄제품	-85.6	-78.9	-67.2
16. 석유제품	-84.7	-80.2	-68.2
17. 전력	-41.4	-37.2	-27.9
18. 가스	-29.9	-17.4	-8.4
19. 주거	-90.4	-83.6	-68.4

그러나 '1990년 안정화'에 비해서는 '1995년 안정화'에, '1995년 안정화'에 비해서는 '2000년 안정화'에 부과되는 에너지탄소세액이 작기 때문에 각각의 에너지산업의 산출물가격의 상승 폭은 '1990년 안정화', '1995년 안정화', '2000년 안정화' 순서로 점점 작게 될 것이다. 각 산업이 생산하는 재화의 가격 또한 마찬가지로 될 것이다. '1995년 안정화'와 '2000년 안정화'의 경우 에너지산업을 제외한 각 산업이 생산하는 재화(산업생산물)별로 기준안 대비 2010년의 가격 변화율을 살펴보면 다음과 같다. 기초화학제품은 22.1% ('1995년 안정화'), 2.7% ('2000년 안정화'), 철강제품은 11.1% ('1995년 안정화'), 6.1% ('2000년 안정화'), 운수업부문은 9.0% ('1995년 안정화'), 4.4% ('2000년 안정화'), 요업제품 및 시멘트제품은 4.9% ('1995년 안정화'), 2.4% ('2000년 안정화')가 상승할 것이나 반면에 서비스업은 12.4% ('1995년 안정화'), 7.0% ('2000년 안정화'), 건설업은 8.7% ('1995년 안정화'), 5.0% ('2000년 안정화'), 농업제품은 8.6% ('1995년 안정화'), 4.9% ('2000년 안정화'), 섬유제품은 6.5%

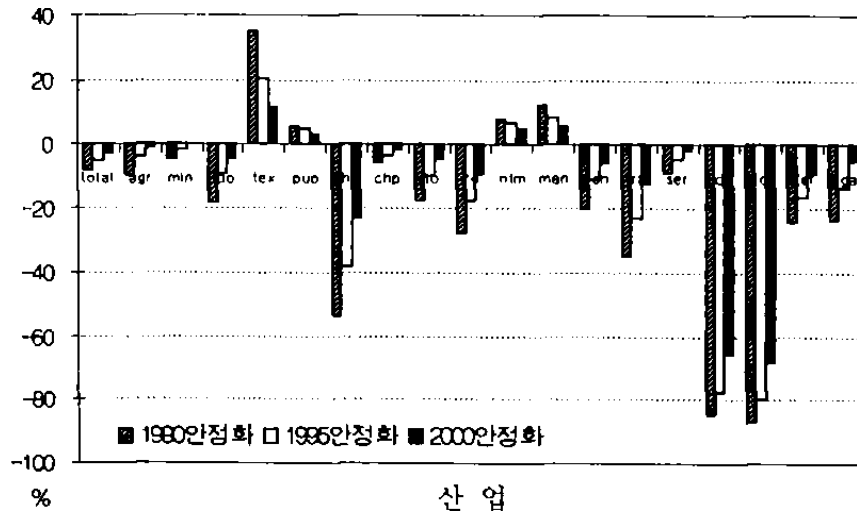
(‘1995년 안정화’), 3.7% (‘2000년 안정화’), 제조업 생산품은 6.0% (‘1995년 안정화’), 3.2% (‘2000년 안정화’), 펄프 및 제지제품은 3.6% (‘1995년 안정화’), 2.2% (‘2000년 안정화’)가 하락할 것이다.<sup>56)</sup>

[그림 V-13] 정책목표에 따른 재화의 소비자가격에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 상대가격의 % 변화)



[그림 V-13]은 ‘1995년 안정화’와 ‘2000년 안정화’의 경우 에너지탄소세 부과가 2010년의 재화별 소비자의 상대가격에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다. ‘1995년 안정화’와 ‘2000년 안정화’의 경우 2010년의 전 산업의 생산은 기준안에 비해 4.8% (‘1995년 안정화’), 2.6% (‘2000년 안정화’)가 감소될 것으로 ‘1990년 안정화’에 비해 각각 3.2%p (‘1995년 안정화’), 5.4%p (‘2000년 안정화’)가 덜 감소될 것이다. 화석연료산업의 2010년의 생산변화를 살펴보면, 석탄생산은 기준안의 석탄생산에 비해 77.6% (‘1995년 안정화’), 65.7% (‘2000년 안정화’), 석유제품의 생산은 79.9% (‘1995년 안정화’), 67.9% (‘2000년 안정화’), 가스생산은 13.1% (‘1995년 안정화’), 5.0% (‘2000년안정화’)가 감소될 것이다. 이는 ‘1990년 안정화’에 비해 석탄생산은 7.0%p (‘1995년 안정화’), 18.9%p (‘2000년 안정화’), 석유제품의 생산은 8.8%p (‘1995년 안정화’), 18.8%p (‘2000년 안정화’), 가스생산은 10.4%p (‘1995년 안정화’), 18.5%p (‘2000년 안정화’)만큼이 덜 감소된 것이다. [그림 V-14]는 ‘1990년 안정화’, ‘1995년 안정화’와 ‘2000년 안정화’의 경우 에너지탄소세 부과가 2010년의 산업별 생산에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다.

[그림 V-14] 정책목표에 따른 산업별 생산에 미친 영향  
(2010년의 기준안 대비 생산량의 % 변화)

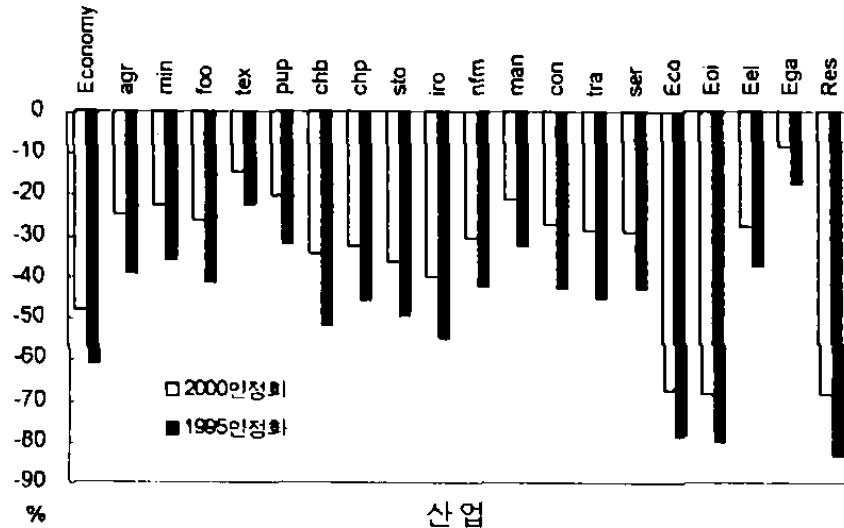


화석연료산업을 제외한 기타 산업의 생산에 대해 산업별로 기준안 대비 퍼센트로 표시한 2010년의 생산변화율을 살펴보면, 전력산업은 16.3% (‘1995년 안정화’), 9.4% (‘2000년 안정화’), 기초화학산업은 38.2% (‘1995년 안정화’), 22.6% (‘2000년 안정화’), 운수업은 22.7% (‘1995년 안정화’), 12.5% (‘2000년 안정화’), 철강산업은 17.7% (‘1995년 안정화’), 9.3% (‘2000년 안정화’), 건설업은 11.1% (‘1995년 안정화’), 5.5% (‘2000년 안정화’), 요업제품 및 시멘트산업은 10.0% (‘1995년 안정화’), 4.8% (‘2000년 안정화’)만큼 생산이 기준안의 그것에 비해 감소될 것이나, 반면에 섬유산업은 20.5% (‘1995년 안정화’), 11.3% (‘2000년 안정화’), 제조업은 8.5% (‘1995년 안정화’), 5.4% (‘2000년 안정화’), 비철금속산업은 6.7% (‘1995년 안정화’), 5.0% (‘2000년 안정화’), 펄프 및 제지산업은 4.8% (‘1995년 안정화’), 3.5% (‘2000년 안정화’)만큼 생산이 증가될 것이다. 이러한 산업별 차이는 ‘1990년 안정화’의 경우와 마찬가지로 산업생산부문에서의 에너지, 특히 화석 연료원별 비중과 산업별 생산 재화가격의 변화 정도에 기인한 것이다.

2010년의 산업별 생산을 ‘1990년 안정화’와 비교해 보면 각각 전력산업은 7.7%p (‘1995년 안정화’), 14.6%p (‘2000년 안정화’), 기초화학산업은 15.6%p (‘1995년 안정화’), 31.2%p (‘2000년 안정화’), 운수업은 12.3%p (‘1995년 안정화’), 22.5%p (‘2000년 안정화’), 철강산업은 10.0%p (‘1995년 안정화’), 18.4%p (‘2000년 안정화’), 건설업은 8.8%p (‘1995년 안정화’), 14.4%p (‘2000년 안정화’), 요업제품 및 시멘트산업은 7.6%p (‘1995년 안정화’), 12.8%p (‘2000년 안정화’)만큼 생산이 ‘1990년 안정화’의 그것에 비해 덜 감소될 것이나, 반면에 섬유산업은 14.9%p (‘1995년 안정화’), 24.1%p (‘2000년 안정화’), 기타 제조업은 3.5%p (‘1995년 안정화’), 6.6%p (‘2000년 안정화’), 비철금속산업은 1.3%p (‘1995년 안정화’), 3.0%p (‘2000년 안정화’), 펄프 및 제지산업은 0.9%p (‘1995년 안정화’), 1.2%p (‘2000년 안정화’)만큼 생산이 덜 증가될 것이다. 따라서 ‘1990년 안정화’가 가장 산업구조의 변화가 심하게 일어나고, ‘1995년 안정화’, ‘1995년 안정화’ 순서로 산업구조의 변화가 덜 일어날 것이다.

정책실험기간(1990년-2010)인 20년 동안 절약될 누적 화석연료량은 ‘1995년 안정화’의 경우 기준안의 35.6%인 약 162.8만 TOE, ‘2000년 안정화’의 경우 19.7%인 약 902만 TOE로 추정된다. [그림 V-15]는 ‘1995년 안정화’와 ‘2000년 안정화’의 경우 에너지탄소세 부과가 2010년의 산업별 화석연료 수요에 미친 영향을 기준안 대비 퍼센트 변화로 나타내고 있다.

[그림 V-15] 안정화 정책목표에 따른 산업별 에너지 수요변화  
(2010년의 기준안 대비 에너지 수요의 %변화)



또한 2010년에는 석탄, 석유 및 가스의 총 화석연료수요가 기준안 대비 61.4% (‘1995년 안정화’)와 48.04% (‘2000년 안정화’)만큼 감소될 것으로 추정된다. ‘1990년 안정화’와 마찬가지로 최종소비부문(‘1995년 안정화’, -83.6%; ‘2000년 안정화’, -68.4%)의 화석연료 수요 변화가 화석연료의 가격 변화에 가장 민감하다. 최종소비부문이 다른 산업부문(생산부문)보다 화석연료와 다른 재화간의 대체탄력성이 높기 때문이다. 에너지산업은 생산감소 때문에 화석연료의 수요가 줄어들 것이며, 석탄산업의 화석연료수요는 78.9% (‘1995년 안정화’), 67.2% (‘2000년 안정화’), 석유산업은 80.2% (‘1995년 안정화’), 68.2% (‘2000년 안정화’), 가스산업은 17.4% (‘1995년 안정화’), 8.4% (‘2000년 안정화’)가 감소할 것이다. 에너지산업을 제외한 생산부문에서는 기초화학산업, 철강산업, 운수업 같은 에너지다소비산업이 화석연료의 가격변화에 따른 화석연료의 수요변화에 매우 민감하다(즉, 기초화학: -52.0%, ‘1995년 안정화’, -34.3%, ‘2000년 안정화’; 철강: -55.1%, ‘1995년 안정화’, -40.2%, ‘2000년 안정화’; 수송: -45.2%, ‘1995년 안정화’, -29.0% ‘2000년 안정화’; 에너지산업을 제외한 산업 평균: -41.3%, ‘1995년 안정화’, -27.8%, ‘2000년 안정화’). 각 산업의 생산 감소량뿐 아니라 화석연료의 비중과 형태도 화석연료 수요감소에 영향을 미치는 중요한 요소이다. 화석연료 수요 및 이산화탄소 배출량을 필요한만큼 조절하는데 최종소비부문을 포함하여 전력산업, 기초화학산업 및 기타 에너지 다소비산업(수송, 철강, 요업)이 중요하다는 것을 알 수 있다.

주석 55) 이산화탄소 배출 수준을 1990년, 1995년, 2000년의 수준으로 2010년까지 억제하기 위한 에너지탄소세의 부과가 거시경제에 미치는 영향에 대한 것은 강운영(1999)을 참조.

주석 56) ‘1990년 안정화’ ‘1995년 안정화’와 ‘2000년 안정화’ 모두 2010년의 재화별 가격은 2010년의 가격지수가 1990년의 가격지수와 같게 전체 산업제품의 가중평균 가격상승률을 0%로 조정할 후 도출된 수치다.

### 3. 세수입 활용정책이 산업에 미치는 영향<sup>57)</sup>

환경세의 부과가 경제에 미치는 영향은 환경세의 종류, 과세부과 방법, 과세부과 대상, 세수입 사용방법 등에 따라 달라진다. 환경세의 수입을 정부가 어떻게 사용하느냐에 따라 환경세를 부과함으로써 감소하는 오염물질의 배출량과 환경세의 부과가 국민경제 및 산업에 미



치는 영향이 달라질 수 있다. 원칙적으로 세수활용의 문제는 세금의 종류(에너지탄소세, 에너지종량세, 에너지증가세)와 관계없이 발생한다. 환경세의 세수입이 납세자에게 재분배된다면 정부의 환경세 부과에 따른 정부 세수입에 대한 직접적인 영향은 존재하지 않는다.

에너지탄소세 수입의 적절한 활용을 통해 에너지탄소세 부과가 경제에 미치는 비용을 상당히 낮출 수 있다는 데에는 전문가들 사이에 광범위한 합의가 이루어져 있다.<sup>58)</sup> 이산화탄소의 배출억제목표를 달성하기 위한 조세수단이 경제에 미치는 영향을 분석하기 위해 개발된 초기의 모형에서는 세수활용을 고려하지 않는다는 가정하에 정책실험에 대한 시뮬레이션이 이루어졌다. 이러한 가정은 에너지탄소세 부과를 석유위기와 같은 외부적인 충격으로 취급하여 도출된 모델결과인 에너지탄소세 부과에 따른 거시경제적 비용이 이산화탄소 배출억제로 초래되는 경제적 손실의 최대의 비용으로 상정하게 되었다. 그 이후의 연구에서는 에너지탄소세의 세수입의 사용방법에 대한 문제에 대해 조세중립성을 가정하여 정부가 세수입을 총괄적이고 중립적으로 가계에 이전하는 형태(lump-sum process)로 취급하여 분석하였다. 이러한 방법을 이용하면 모형간의 비교가 가능하지만 세수활용정책의 우열을 평가할 수는 없다. 그 후에 등장한 모형들은 소득세나 기타 다른 세금의 수준을 변화시킴으로써 세수입을 활용하는 방법들을 모색하였다. 소득세나 근로세(payroll taxes)를 감면하는 방식으로 세수입을 분배하면 에너지탄소세 부과에 따른 온실가스 저감 비용을 줄일 수 있다는 의견이 제안되었다. 그러나 온실가스를 저감하기 위한 정책수단으로 에너지탄소세를 부과하고 이로 인해 발생하는 세수입의 증대를 상쇄하기 위해 소득세율을 낮추는 에너지탄소세수입의 사용정책(소득세 감면정책)은 에너지탄소세 부과로 인한 온실가스의 저감비용의 일부만을 감소시킨다.<sup>59)</sup> 이러한 세수입 사용방법의 발전은 재정구조(fiscal structure)가 현재 가지고 있는 왜곡을 기준안에서 취급하는 방법에 따라 모형에서 도출된 결과가 달라지기 때문에 서로 다른 모형에서 도출된 결과를 비교하는 것을 매우 힘들게 만들었다.

본 연구의 지금까지의 분석에서는 재정구조를 바꾸지 않고 환경세수입의 사용방법을 세수중립적인 방식으로 에너지탄소세 수입이 정부에서 가계로 이전된다고 가정하였다. 물론 세수가 쓰이는 방식에는 여러 가지가 있다. 예를 들어 예산적자 감축, 소득세율이나 기타 다른 세율을 낮추는 것, 배출 저감활동에 대한 세금감면, 정부지출의 증가 등이 있다. 환경세 부과의 경제적 비용은 세수를 사용하는 방식에 따라 크게 다를 수 있다. 따라서 여기에서 1990년부터 2010년까지 이산화탄소 배출수준을 1990년 수준인 66.22 백만톤으로 안정화시키는 목표를 달성하기 위하여 에너지탄소세를 부과하는 조세수단을 사용하고 에너지탄소세수입을 사용하는 방법에 따라 에너지탄소세 부과가 국민경제에 미치는 영향이 어떻게 다른지를 비교분석하기로 한다.

여기에서 분석하고자 하는 2종류의 에너지탄소세수입의 사용방법은 다음과 같다.

- (1) 가계이전정책은 에너지탄소세수입을 정부에서 가계로 총괄적이고 중립적인(lump-sum) 형태로 이전하는 정책이고,
- (2) 일반예산 편입정책은 정부가 에너지탄소세수입을 가계로 이전하지 않고 정부지출로 사용하여 정부의 재정지출이 증가되는 정책이다.

위의 탄소세수입 가계이전정책과 탄소세수입 일반예산 편입정책의 경우는 정부의 재정지출 행태와 가계의 소비행태는 동일하지 않기 때문에 에너지탄소세부과로 인한 수입을 사용하는 방법의 차이는 우리 나라 국민경제에 미치는 영향에 차이를 가져올 것이다. 첫 번째 탄소세 수입 가계이전정책은 앞에서 수행한 정책수단 및 정책목표에 따른 경제적 영향 분석을 위한 정책실험에서 사용한 세수입 활용방법과 같다. 따라서 여기서는 탄소세수입 일반예산 편입정책이 산업에 미치는 영향을 분석하고 위의 두 정책의 결과를 비교분석하기로 한다.

분석기간동안 CO<sub>2</sub> 배출량을 1990년 CO<sub>2</sub> 배출량 수준으로 안정화시키기 위해서 에너지탄소세를 부과하는 경우의 에너지탄소세 부과로 인한 세수입의 사용방법 중 가계이전정책과 일반예산 편입정책이 우리 나라 산업에 미치는 영향을 분석한 결과가 <표 V-3>에 요약 제시되어 있다. 1990년 수준으로 CO<sub>2</sub> 배출량을 감축하기 위해서 모든 화석연료에 대해 에너지탄소세를 부과한다. 이 때 2010년의 탄소톤당 에너지탄소세액은 일반예산 편입정책의 경우 73.9만원으로 추정되었으며 이는 가계이전정책의 80.0만원보다 6.1만원이 적은 것이다. 또한

에너지탄소세로 거둬지는 세수입은 2010년에는 일반예산 편입정책의 경우 61.2조원에 달할 것으로 추정되며 가계이전정책의 경우보다 약 5조원이 적다

<표 V-3> 세수입 사용방법에 따른 산업별 영향  
(기준시나리오 대비 %의 변화)

(기준시나리오 대비 x의 변화)

	가계이전	일반예산
<b>산업별 생산</b>		
1. 농림수산업	-9.9	-23.6
2. 광업	-4.3	-2.2
3. 음식료품	-18.0	-20.6
4. 섬유제품	35.4	17.5
5. 펄프 및 지류	5.7	1.2
6. 기초화학	-53.8	-55.3
7. 화학제품	-5.7	-12.5
8. 요업 및 토석	-17.6	-11.9
9. 철강제품	-27.7	-27.9
10. 비철금속	8.0	3.5
11. 제조업	12.0	5.8
12. 건설업	-19.9	-8.3
13. 운송 및 보관	-35.0	-39.1
14. 서비스 및 기타	-8.7	-3.4
15. 석탄 및 석탄제품	-84.6	-84.4
16. 석유제품	-86.7	-86.5
17. 권력	-24.0	-26.1
18. 가스	-23.5	-25.2
<b>소비자 가격</b>		
1. 농림수산업	-13.4	-12.8
2. 광업	-7.0	-6.7
3. 음식료품	-10.3	-9.7
4. 섬유제품	-10.3	-9.6
5. 펄프 및 지류	-5.2	-4.9
6. 기초화학	31.6	30.5
7. 화학제품	1.2	1.3
8. 요업 및 토석	8.4	8.0

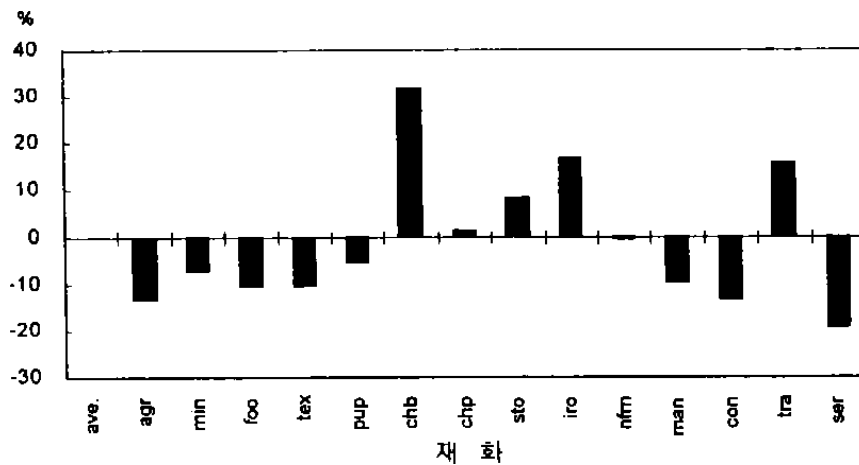
<표 V-3>에서 계속

	가계이전	일반예산
소비자 가격(계속)		
9. 철강제품	17.0	16.2
10. 비철금속	-0.6	-0.5
11. 제조업	-9.7	-9.0
12. 건설업	-13.6	12.7
13. 운송 및 보관	15.7	15.0
14. 서비스 및 기타	-19.1	-18.0
15. 석탄 및 석탄제품	1258.7	1163.7
16. 석유제품	394.9	366.7
17. 전력	103.1	95.7
18. 가스	290.6	269.7
산업별 생산		
1. 농림수산업	-51.2	-59.0
2. 광업	-51.2	-46.2
3. 음식료품	-54.1	-61.4
4. 섬유제품	-24.9	-36.5
5. 펄프 및 지류	-43.5	-44.4
6. 기초화학	-66.7	-67.8
7. 화학제품	-53.0	-58.5
8. 요업 및 토석	-59.1	-57.8
9. 철강제품	-64.3	-66.2
10. 비철금속	-49.3	-52.8
11. 제조업	-43.9	-44.9
12. 건설업	-57.7	-50.4
13. 운송 및 보관	-60.4	-62.0
14. 서비스 및 기타	-54.3	-51.7
15. 석탄 및 석탄제품	-85.6	-85.4
16. 석유제품	-84.7	-86.7
17. 전력	-41.4	-46.2
18. 가스	-29.9	-29.6
19. 주거	-90.4	-93.1

에너지탄소세의 세수입을 정부의 일반예산으로 편입하여 지출하는 경우도 에너지탄소세의 부과는 석탄, 석유, 가스 등 화석연료에 따라 개별 화석연료의 가격에 미치는 효과는 매우 다르다. 특히 에너지탄소세는 그 성질상 이산화탄소 배출을 더 많이 하는 화석연료의 가격을 더 상승시킬 것이다. 먼저 일반예산 편입정책의 경우 2010년의 화석연료의 가격(2차 생산물의 소비자가격)을 살펴보면 석탄제품가격은 기준안의 석탄제품가격에 비해 1164%, 석유제품가격은 366%, 가스제품가격은 270%가 상승될 것으로 추정되어 석탄제품가격이 가장 크게 상승할 것이고 그 다음으로 석유제품가격, 가스제품가격 순으로 상승할 것이다. 그러나 가계이전정책에 비해 석탄제품가격은 95%p, 석유제품가격은 29%p, 가스제품가격은 21%p가 덜 상승할 것이다. 일반예산 편입정책의 경우 화석연료의 가격이 매우 많이 인상될 뿐만 아니라 전력가격도 2010년에는 기준안의 전력가격에 비해 95.7%가 인상될 것이다. 그러나 일

반예산 편입정책의 전력가격 상승률은 가계이전정책의 전력가격 상승률 103.1%에 비해 7.2%p 만큼 낮다. 이 결과는 일반예산 편입정책이 가계이전정책보다 에너지가격에 미치는 영향은 약간 적다는 것을 말해주고 있다. 일반예산 편입정책의 경우 에너지산업을 제외한 각 산업이 생산하는 재화(산업생산물)가격을 기준안과 비교하면, 2010년에는 기준안에 비해 기초화학제품은 30.5%, 철강제품은 16.2%, 수송부품은 15.0%, 요업제품 및 시멘트는 8.0%가 상승할 것이나 반면에 서비스는 18.0%, 건설업은 12.7%, 농업제품은 12.8%, 섬유제품은 9.6%, 제조업 생산품은 9.0%, 펄프 및 제지제품은 4.9%가 하락할 것이다.<sup>60)</sup> [그림 V-16]은 에너지탄소세수입 사용방법에 따른 정책실험결과를 기준안의 결과와 비교하였을 때, 2010년의 에너지산업을 제외한 산업의 재화가격을 기준안 대비 백분율변화로 나타낸 것이다.

[그림 V-16] 일반예산 편입정책의 2010년의 재화별 가격 변화  
(기준시나리오 대비 %의 변화)



'1990년 안정화' 목표를 달성하기 위해서는 일반예산 편입정책의 전 산업의 생산은 기준안에 비해 8.1% 감소될 것이다. 이는 가계이전정책보다 0.1%p가 더 감소한 것으로 두 정책사이의 전 산업의 생산감소에는 거의 차이가 없다. 정부일반예산 편입정책이 산업별 생산에 미치는 영향을 기준안의 산업별 생산과 비교하여 살펴보면, 2010년의 석탄생산은 기준안의 석탄생산에 비해 84.4%가 감소할 것이고, 석유제품의 생산은 86.5%, 그리고 가스제품의 생산은 25.2%가 감소할 것이며, 전력생산량은 26.1%가 감소할 것이다. 이는 가계이전정책에 비해 석탄산업의 생산은 0.2%p, 석유제품의 생산도 0.2%p가 덜 감소한 것이며, 가스산업의 생산은 1.7%p, 전력생산은 2.1%p가 더 감소한 것이다. 에너지산업을 제외한 산업별 생산을 보면, 2010년에는 기준안에 비해 화학산업은 55.3%, 운수업은 39.1%, 철강산업은 27.9%, 건설업은 8.3%, 세라믹과 시멘트산업은 약 11.9%의 생산이 감소될 것이다. 또한 2010년에는 기준안의 해당산업의 생산에 비해 섬유산업은 17.5%만큼 생산이 증가될 것이고, 제조업은 5.8%, 비철금속산업은 3.5%, 펄프제지산업은 1.2%만큼 생산량이 감소될 것이다. 산업별 산출물의 변화의 차이가 일어나게 되는 것은 앞에서 언급한대로 생산에 투입되는 에너지의 양과 재화의 가격변화, 그리고 산업부문별로 소비되는 에너지의 종류의 차이로 인한 것이다. 철강산업은 에너지 집약도가 높고, 탄소함유량이 많은 화석연료, 즉 석탄을 사용하고 있어서 산출물 감소 폭이 특히 크게 나타난다.

[그림 V-17] 일반예산 편입정책의 산업별 생산량 변화  
(2010년의 기준안 대비 %의 변화)

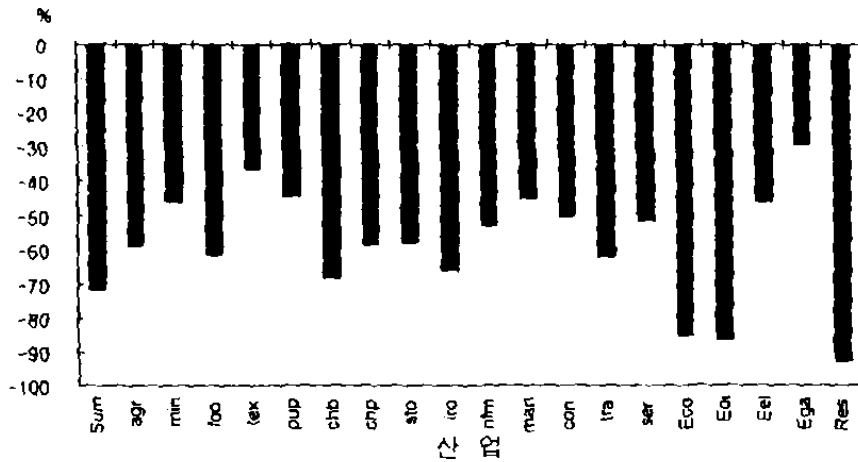


[그림 V-17]은 '1990년 안정화'목표를 달성하기 위한 에너지탄소세 부과가 에너지탄소세 수입의 일반예산 편입정책의 산업별 생산에 미치는 영향을 기준안 대비 백분율변화로 나타낸 것이다. 일반예산 편입정책과 가계이전정책의 2010년의 에너지산업을 제외한 산업별 생산변화를 비교해보면, 일반예산 편입정책의 경우가 가계이전정책의 경우에 비해 농림수산업은 13.7%p, 음식료품산업은 11.6%p, 화학제품은 6.8%p, 운송업은 4.1%p, 기초화학산업은 1.5%p, 철강산업은 0.2%p 만큼 생산이 더 감소될 것이다. 건설업은 11.6%p, 요업 및 시멘트 산업은 5.7%p, 서비스 및 기타는 5.3%p, 광업은 1.9%p만큼 덜 감소할 것이다. 또한 일반예산 편입정책의 경우 생산이 증가할 것으로 추정된 섬유제품, 기타 제조업제품, 비철금속제품 산업과 펄프 및 제지제품산업도 가계이전정책에 비해 각각 17.9%p, 6.2%p, 4.5%p, 4.5%p만큼 생산이 덜 증가할 것이다. 이와 같이 일반예산 편입정책과 가계이전정책의 경우 산업별 생산변화의 차이가 커서 두 경우는 전혀 다른 산업구조가 나타날 것이다. 일반예산 편입정책과 가계이전정책이 산업별 특히 농림수산업, 음식료품산업과 건설업의 산출물 변화에 미치는 영향이 다른 이유는 정부의 지출행위와 가계의 소비행위가 서로 다르기 때문이다.

정책실험기간(1990-2010)동안 에너지탄소세 부과로 인한 화석에너지의 사용량의 절감량은 약 23.8 백만 TOE로 추정되었고, 이는 기준안의 에너지수요량의 52%가 절감된다는 것을 의미한다. 또한 2010년의 총 연료소비는 CO<sub>2</sub> 규제목표를 달성하기 위해서는 약 71.4%가 감소하여야 한다. 가계이전정책과 일반예산 편입정책 모두 이산화탄소 배출억제에 따른 화석연료의 수요감소 패턴이 유사하다. 이러한 사실은 산업의 화석연료수요에 미치는 영향에는 가계이전정책과 일반예산 편입정책과 같은 세수활용의 차이가 별로 중요하지 않다는 것을 시사한다.

[그림 V-18]은 '1990년 안정화'목표를 달성하기 위해서 에너지탄소세부과와 에너지탄소세 수입의 정부일반예산 편입정책이 산업별 화석연료 수요에 미치는 영향을 기준안 대비 백분율변화로 나타낸 것이다.

[그림 V-18] 일반예산 편입정책의 산업별 화석에너지 수요변화  
(2010년의 기준안 대비 %의 변화)



전 산업부문에 걸친 산출물의 감소로 인해 석유산업에서 화석연료에 대한 수요는 기준안에 비해 86.7%가 감소하고, 석탄산업에서는 85.4%, 그리고 가스산업에서는 29.6%가 감소할 것이다. 화석연료에 대한 수요는 일반예산 편입정책 하에 있는 석탄산업의 수요보다 석유산업의 수요가 더 많이 감소할 것이다. 가계부문의 화석연료의 소비는 93.1%가 감소하는 것으로 추정되었으며 예상대로 가계부문의 화석연료 소비가 탄소세부과로 인한 화석에너지의 가격 변화에 가장 민감하다는 것을 알 수 있다. 화석에너지산업부문을 제외하고는 생산부문에서는 기초화학산업, 철강산업, 운수업과 같은 에너지 다소비산업이 탄소세부과로 인한 화석연료가격 상승에 매우 민감한 것을 알 수 있다. 산출물 감소, 화석연료 소비량, 화석연료의 종류가 산업별로 화석연료수요를 결정하는 가장 중요한 요인이다. 앞에서 논의한 대로, 전력산업, 화학산업 등 에너지 다소비산업(운수업, 철강산업, 요업 및 시멘트산업)이 에너지 소비 목표와 CO<sub>2</sub> 배출량목표를 달성하는데 기여할 가능성이 크다.

주석 57) 세수입 활용방법이 거시경제에 미치는 영향에 대한 것은 강윤영(1999)을 참조.

주석 58) 탄소세수입의 사용방법에 대한 자세한 것은 다음의 연구를 참조하십시오. Koopmans et al., 1992; Shackleton et al., 1992; Goulder, 1992, 1993, 1995; Bovenberg and de Mooij, 1994; European Commission, 1994; Jorgenson and Wilcoxon, 1994.

주석 59) 이론적인 논의는 Goulder (1992, 1993, 1995)와 Bovenberg and de Mooij (1994)를 참조하십시오.

주석 60) 2010년의 재화별 가격은 2010년의 가격지수가 1990년의 가격지수와 같게 전체 산제품의 가중평균 가격상승률을 0%로 조정할 후 도출된 수치이다.

## VI. 요약 및 결론

본 연구에서 이산화탄소 배출을 억제할 시 우리 나라의 산업에 미치는 효과를 분석하기 위해 이산화탄소 배출억제를 위한 정책수단, 정책목표, 조세수단의 세수입의 활용에 따른 세 종류의 정책실험을 수행하였다.

### 1. 정책수단이 산업에 미치는 영향

첫 번째 정책실험으로 2010년의 기준안의 65.8%를 감축하는 1990년 이산화탄소 배출수준인 66.22백만 톤을 2010년까지 안정화('1990년 안정화')시키기 위해 에너지탄소세, 에너지 열량세, 에너지중가세와 직접규제와 같은 정책수단의 사용이 산업에 미치는 효과를 분석하였다.

정책실험의 결과 에너지탄소세가 2010년의 산업생산에 미치는 영향은 전 산업의 생산이 기준안에 비해 8.0% 감소될 것이다. 에너지탄소세의 부과로 인한 화석 연료간의 상대가격 변화는 모든 재화의 상대가격체계의 변화를 가져오고, 이러한 변화는 에너지와 비에너지 재화 모두의 수요에 영향을 미치며, 각 산업의 생산에 영향을 미쳐 산업구조에 변화를 가져온다. 에너지산업은 석탄산업이 84.6%, 석유산업이 86.7%, 전력산업이 24.0%, 가스산업이 23.5%가 감소될 것이고, 에너지 다소비산업은 기초화학산업이 53.8%, 운송업이 35.0%, 철강산업이 27.7% 건설업이 19.9%, 요업 및 시멘트산업이 17.6%인 만큼 생산이 감소될 것이며, 반면에 섬유제품이 35.4%, 제조업제품이 12.0%, 비철금속제품이 8.0%, 펄프 및 제지제품이 5.7%의 생산증가가 예상된다.

에너지 열량세의 경우를 에너지탄소세와 비교하면 2010년의 전 산업의 생산은 거의 동일하게 기준안에 비해 8.0%감소될 것이다. 그러나 화석연료원의 단위가격당 탄소함유량과 열량유량의 차이로 화석연료간의 상대가격 변화정도가 다르기 때문에 산업별 생산변화에 차이가 나서 산업구조가 다르게 될 것이다. 2010년의 산업생산을 보면, 에너지 산업은 에너지탄소세에 비해 석탄산업이 2.1%p가 덜 감소한 것이며, 석유산업이 0.7%p, 가스산업이 7.8%p, 전력산업은 0.1%p가 더 감소할 것이다. 또한 에너지다소비산업은 기초화학산업이 1.5%p, 운송업이 1.2%p, 건설업이 0.5%p만큼 더 생산이 감소될 것이고, 요업 및 시멘트산업의 생산감소는 같고, 철강산업은 3.2%p만큼 덜 생산이 감소될 것이다. 반면에 섬유제품은 0.5%p, 비철금속제품은 1.2%p, 펄프 및 제지제품은 0.1%p만큼 생산이 덜 증가될 것이고, 기타 제조업제품은 0.7%p만큼 생산이 더 증가될 것이다.

에너지중가세의 경우 에너지탄소세에 비해 2010년의 전 산업제품의 생산은 1.8%p가 더 감소될 것이다. 그러나 화석연료원의 단위가격당 탄소함유량의 차이로 화석연료간의 상대가격 변화정도가 상당히 다르기 때문에 산업별 생산변화의 차이가 커져 산업구조가 상당히 다르게 될 것이다. 2010년의 에너지산업의 생산은 에너지탄소세에 비해 석탄산업이 11.9%p, 석유산업이 13.2%p, 전력산업이 9.8%p, 가스산업이 70.9%p가 더 감소할 것이다. 에너지다소비산업의 생산은 기초화학산업이 16.4%p, 운송업이 12.4%p, 건설업이 8.0%p, 요업 및 시멘트산업이 4.0%p 만큼 생산이 더 감소될 것이나 철강산업이 12.6%p 만큼 생산이 덜 감소될 것이다. 반면에 섬유산업은 4.4%p, 비철금속산업은 4.1%p, 기타 제조업은 8.9%p만큼 생산이 더 증가될 것이고, 펄프 및 제지산업은 0.2%p 만큼 생산이 덜 증가될 것이다.

2010년의 직접규제수단에 의한 전체 산업제품의 총생산은 기준안에 비해 64.9%가 감소될 것으로 에너지탄소세의 8.0%에 비해 무려 56.9%p가 더 감소할 것이다. 또한 전 산업부문이 60%이상 감소되어 에너지탄소세를 비롯한 조세수단과는 전혀 다른 산업구조가 될 것이다. 에너지 산업의 생산변화율은 2010년에는 기준안에 비해 석탄산업이 61.2%, 석유제품산업이 65.0%, 가스산업이 66.0%,가 감소될 것이다. 또한 광업이 80.6%, 농림수산업이 80.3%, 음식료품 산업이 72.7%로 가장 많이 감소될 것이고, 기초화학부문이 69.2%, 철강제품부문이 68.1%가 감소되는 등 전 산업부문이 60%이상 감소될 것이다.

결론적으로 조세수단의 경우는 산업구조가 에너지저소비산업구조로의 전환이 상당히 이루어질 것이나, 직접규제수단의 경우는 산업구조의 변화가 별로 이루어지지 않을 것이다.

## 2. 정책목표가 산업에 미치는 영향

두 번째 정책실험으로 에너지탄소세를 부과하여 2010년까지 이산화탄소 배출수준을 1990년 수준, 1995년 수준, 2000년 수준으로 안정화시키는 이산화탄소 배출감축 정도가 산업에 미치는 영향을 분석하였다.

이 실험의 이산화탄소 배출감축정도는 '1990년 안정화'는 2010년의 기준안의 65.8%, '1995년 안정화'는 54.4%, '2000년 안정화'는 40.1%를 감축하는 66.22백만 탄소톤, 88.36 백만 탄소톤, 116.02 백만 탄소톤으로 각각 이산화탄소 배출수준을 2010년까지 억제하는 것이다.

정책실험의 결과 '1995년 안정화'와 '2000년 안정화'의 경우 2010년의 전 산업의 생산은 각각 기준안에 비해 4.8%, 2.6%가 감소될 것으로 '1990년 안정화'에 비해 각각 3.2%p, 5.4%p가 덜 감소될 것이다. 개별산업의 경우도 생산감소의 정도에는 차이가 있으나 그 변화형태는 같아서 에너지저소비산업으로의 전환이 이루어질 것이나 그 정도에는 차이가 있다.

## 3. 세수입 활용정책이 산업에 미치는 영향

세 번째 정책실험은 세수입 사용방법에 관한 것으로 에너지탄소세를 부과하여 '1990년 안정화' 목표를 달성하는 데 있어서 에너지탄소세의 수입을 정부지출로 사용하는 일반예산 편입정책과 총괄적이고 중립적인 형태로 가계에 이전하는 가계이전정책이 산업에 미치는 영향을 분석하였다.

정책실험의 결과 일반예산 편입정책의 2010년의 전 산업의 생산은 기준안에 비해 8.1%가 감소될 것이다. 이는 가계이전정책보다 0.1%p가 더 감소한 것으로 두 정책사이에 전 산업의 생산감소는 거의 차이가 나지 않을 것이다. 그러나 정부의 지출행위와 가계의 소비행위가 서로 달라 일반예산 편입정책과 가계이전정책간의 산업별 생산변화의 차이가 커서 두 경우는 전혀 다른 산업구조가 나타날 것이다. 2010년의 에너지산업의 생산은 가계이전정책에 비해 석탄산업이 0.2%p, 석유제품산업이 0.2%p가 덜 감소할 것이며, 가스산업이 1.7%p, 전력산업이 2.1%p가 더 감소할 것이다. 또한 농림수산업은 13.7%p, 음식료품산업은 11.6%p, 화학제품은 6.8%p, 운송업은 4.1%p, 기초화학산업은 1.5%p, 철강산업은 0.2%p 만큼 생산이 더 감소될 것이며, 건설업은 11.6%p, 요업 및 시멘트산업은 5.7%p, 서비스 및 기타는 5.3%p, 광업은 1.9%p만큼 덜 감소할 것이다. 그리고 생산이 증가될 것으로 추정된 섬유제품, 기타 제조업제품, 비철금속제품산업과 펄프 및 제지제품산업도 가계이전정책에 비해 각각 17.9%p, 6.2%p, 4.5%p, 4.5%p만큼 생산이 덜 증가할 것이다. 결론적으로 일반예산 편입정책의 경우도 산업구조가 에너지저소비산업구조로의 전환이 상당히 이루어질 것이나, 그 형태는 상당히 다를 것이다.

종합적으로 에너지탄소세를 비롯한 조세수단이 개별산업에 미치는 파급효과는 산업부문별로 큰 차이가 난다. 즉, 다른 산업에 비해 에너지 산업이나 에너지 다소비산업(기초화학산업, 운송 및 보관업, 철강산업, 건설업)의 생산감소가 상당히 크다. 그 결과 산업구조가 에너지저소비산업구조로 전환될 것이다. 그러나 산업별 생산감소, 즉 산업간에 경제적 부담의 현격한 차이는 산업간에 형평성의 문제를 야기시킬 소지가 있어 에너지 탄소세를 도입할 때 특히, 도입초기에는 이들 산업에 대해서는 어느 정도의 배려가 필요할 것이다. 또한 향후 산업간의 형평성 문제를 완화할 수 있는 세율 차별화, 조세환급 및 감면 등에 관한 연구가 수행되어야 할 것이다.



## 참고문헌

- 강윤영(1999), 탄소세가 국민경제에 미치는 영향: 동태적 일반균형모형, 에너지경제연구원
- 에너지경제연구원, 『에너지통계연보』
- 통계청, 『한국의 주요경제지표』
- 한국은행, 『경제통계연보』
- 한국은행, 『국민계정』
- 한국은행, 『1990년 산업연관표』
- Amano, Akihiro (1990) "Energy Prices and CO<sub>2</sub> Emissions in the 1990s," *Journal of Policy Modeling* 12(3): 495-510.
- Anderson, D. and C. D. Bird (1992), Carbon accumulations and technical progress - a simulation study of costs, previously released as mimeo(1990), *Oxford Bulletin of Economics and Statistics* 42(1).
- Ban, K. (1991), Energy conservation and economic performance in Japan - An economic approach to CO<sub>2</sub> emissions, Faculty of Economics, Discussion Paper Series, No. 112, Osaka University, Japan.
- Barns, D. W., J. A. Edmonds, and J. M. Reilly (1992), The use of the Edmonds-Reilly models to model energy related greenhouse

- gas emissions, OECD, Economics Dept. Working Paper No. 113, Paris
- Barker, T. (1993), "A UK carbon/energy tax : The macroeconomic effects", *Energy Policy*, 21(3), 296-308.
- Barker, T., and R. Lewney (1991), A green scenario for the UK economy. In *Green futures for economic growth : Britain in 2010*, T. Barker, ed., Cambridge Econometrics, Cambridge, UK.
- Bergman, Lars (1990), "Energy and Environmental Constraints on growth: A CGE Modeling Approach," *Journal of Policy Modeling* 12(4): 671-691.
- Brooke, A. Kwendrick, D. And Meeraus, A. (1988), *GAMS: A User's Guide*. Redwood, CA: Scientific Press.
- Burniaux, J. M., John P. Martin, Giuseppe Nicoletti, and J. O. Martins (1990), The costs of policies to reduce global emissions of CO<sub>2</sub> : Initial simulation results with GREEN, OECD Dept. of Economic Statistics, Resource Allocation Division, Working Paper No. 103, OECD/GD(91), Paris.
- Burniaux, Jean-Marc, John P. Martin, Giuseppe Nicoletti and Joaquim Oliveira-Martins, "The effect of Existing distortions in energy markets on the costs of policies to reduce CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from Green, OECD Economic Studies NO. 19, Winter 1992.
- Bye, B., T. Bye, and L. Lorentson (1989), *SIMEN : Studies in industry, environment and energy towards 2000*, Central Bureau

of Statistics Discussion Paper No. 44, Oslo, Norway

Christensen, A. (1991), Stabilisation of CO<sub>2</sub> emissions - Economic effects for Finland, Ministry of Finance, Paper No. 29, Helsinki, Finland

Cohan, D., R. K. Stafford, J. D. Scheraga, and S. Herrod (1994), The global climate policy evaluation framework. In Proceedings of the 1994 Air and Waste Management Association Global Climate Change Conference, Phoenix, 15-18 April, Air and Waste Management Association, Pittsburgh, PA.

De Melo, Jaime, and Robinson, S. (1985), "Product Differentiation and Trade Dependence of the Domestic Price System in Computable General Equilibrium Trade Models," In International Trade and Exchange Rates in the Late Eighties (T. Peeters, P. Praet, and P. Reding, Eds.), Amsterdam: North-Holland.

De Melo, Jaime, and Robinson, S. (1989), "Product Differentiation and the Treatment of Foreign Trade in Computable General Equilibrium Models of Small Economies," *Journal of International Economics* 27: 47-67.

Dean, A., and P. Hoeller (1992), Costs of reducing CO<sub>2</sub> emissions : Evidence from six global models, *OECD Economic Studies*, 19(Winter), 15-47.

Decaluwe, B. And A. Martens (1988), CGE Modeling and Developing Economies : A Concise Empirical survey of 73 Application to 26 Countries," *Journal of Policy Modeling* 10 (4),

pp. 529-568.

- Dervis, K., Jaime De Melo, and S. Robinson (1982), *General Equilibrium Models for Development Policy*, A World Bank Research Publication, Cambridge University Press.
- Dewatripont, M., and Michel, G. (1987), "On Closure Rules, Homogeneity, and Dynamics in Applied General Equilibrium Models," *Journal of Development Economics* 26(1, June): 65-76.
- Dinwiddy, C. L. And F. J. Teal (1988), *The Two-Sector General Equilibrium Model : A New Approach*, Philip Allab / St. Martin's Press.
- Dixon, Peter B., D. T. Johnson, R. E. Marks, P. McLennan, R. Schodde and P. L. Swan (1989), "The feasibility and implication for Australia of the adoption of the Toronto Proposal for carbon dioxide emissions," Report to CRA, Sydney (September).
- DRI (Data Resources Inc.) (1992), *The economic effects of using carbon taxes to reduce carbon dioxide emissions in major OECD countries*, prepared for the U.S. Department of Commerce by DRI/McGraw-Hill, Lexington, MA.
- Edmonds, J. A., and D. W. Barns (1990), *Estimating the marginal cost of reducing global fossil fuel CO<sub>2</sub> emissions*, Pacific Northwest Laboratories, PNL-SA-18361, Washington, DC.
- Edmonds, J. A., and D. W. Barns (1991), *Use of the Edmonds-Reilly model to model energy-sector impacts of greenhouse emissions control strategies*, prepared for the U.S.

Dept. of Energy, by Pacific Northwest Laboratories, Washington, DC.

Edmonds, J. A., and D. W. Barns (1992), "Factors affecting the longterm cost of global fossil fuel CO<sub>2</sub> emissions reductions", *International Journal of Global Energy Issues*, 4(3), 140-166.

Glomsrod, S., H. Vennemo, and T. Johnson (1990), *Stabilization of emissions of CO<sub>2</sub> : A computable general equilibrium assessment*, Central Bureau of Statistics, Discussion Paper No. 48, Oslo, Norway.

Glomsrod, Solveig, Haakon Vennemo, and Torgeir Johnsen (1992), "Stabilization of Emissions of CO<sub>2</sub> : A Computable General Equilibrium Assessment," *Scandinavian Journal of Economics* 94 (1), pp. 53-69.

Goto, Noriyuki (1995), "Macroeconomic and sectoral impacts of carbon taxation : A case for the Japanese economy," *Energy Economics* 17(4), pp. 277-292.

Goto, Noriyuki, and Takamitsu Sawa (1993), "An analysis of the macro-economic costs of various CO<sub>2</sub> emission control policies in Japan," *Energy Journal* 14(1), pp. 83-110.

Goulder, L. H. (1991), *Effects of carbon taxes in an economy with prior tax distortion: An intertemporal general equilibrium analysis for the U.S.*, working paper, Stanford University, Palo Alto, CA.

Grubb, M., J. Edmonds, P. ten Brink, and M. Morrison, 1993: *The*

costs of limiting fossil-fuel CO<sub>2</sub> emissions: A survey and analysis, *Annual Review of Energy and Environment*, 18, 397-478.

Hoeller P, Dean A, and Nicolaisen J. (1991), "Macroeconomic Implications of Reducing Greenhouse Gas Emissions: A Survey of Empirical Studies," *OECD Economic Studies* 16, pp. 45-78.

Industry Commission (1991), *Costs and benefits of reducing greenhouse gas emissions*, report 15, vol. 1, Industry Commission, Canberra.

IPCC (1995), *The Second Assessment Report, Working Group III A draft, The Intergovernmental Panel on Climate Change*, Toronto, Canada.

Jackson, T. (1991), "Least-cost greenhouse planning: supply curves for global warming abatement", *Energy Policy*, 19(1), 35-46

Jorgenson, Dale W., and Peter J. Wilcoxon (1990a), *The cost of controlling carbon dioxide emissions*, presented at Workshop on Economy-Energy-Environment Modeling and Climate Policy Analysis, Washington, DC: Harvard University, Cambridge, MA.

Jorgenson, Dale W., and Peter J. Wilcoxon (1990b), *Reducing U.S. carbon dioxide emissions: The cost of different goals*, Harvard Institute for Economics and Resources, Harvard University.

Jorgenson, Dale W., and Peter J. Wilcoxon (1990), "Environmental Regulation and U.S. Economic Growth," *Rand Journal of Economics* 21(2), pp. 314-40.

- Jorgenson, Dale W., Daniel T. Slesnick, and Peter J. Wilcoxon (1992), "Carbon taxes and economic welfare," *Brookings papers on Economic Activity*, pp. 393-431.
- Manne, Alan S. (1992), *Global 2100 : Alternative scenarios for reducing emissions*, OECD Working Paper III, OECD, Paris.
- Manne, Alan S., and J. Oliveira-Martins (1994), *Comparisons of model structure and policy scenarios: GREEN and I2RT*, draft, Annex to the WP1 Paper on Policy Response to the Threat of Global Warming, OECD Model Comparison Project (II). OECD, Paris.
- Manne, Alan S., and Richard G. Richels (1990a), "CO<sub>2</sub> emission limits: An economic analysis for the U.S.A." *Energy Journal* 11, pp. 51-85.
- Manne, Alan S., and Richard G. Richels (1990b), "Global CO<sub>2</sub> Emission Reductions - The Impact of Rising Energy Costs," *Energy Journal* 12, pp. 87-108.
- Marks, R. E, P. L. Swan, P. McLennan, P. B. Dixon, and R. Schodde, et al (1990), "The cost of Australian carbon dioxide abatement", *The Energy Journal*, 12(2), 135-152.
- Mills, E., D. Wilson, and T. B. Johansson (1991), "Getting started: No-regrets strategies for reducing greenhouse gas emissions", *Energy Policy*, 19(6), 526-542.
- Mintzer, I. M. (1987), *A Matter of Degrees: the Potential for Controlling the Greenhouse Effect*, World Resources Institute

Research Report 5.

- Nagata, Y., K. Yamaji, and N. Sakurai (1991), CO<sub>2</sub> reduction by carbon taxation and its economic impact, Central Research Institute Report No. 491002, Tokyo.
- NAS(National Academy of Sciences) (1991), Policy implications of greenhouse warming, National Academy Press, Washington, DC.
- NEPP(National Environmental Policy Plan) (1989), To choose or to lose, Second Chamber of the States General, The Hague, Netherlands.
- OECD (1993), The costs of cutting carbon emissions: Results from global models, OECD, Paris.
- Oliveira-Martins, J., J.-M. Burniaux, J.P. Martin, and G. Nicoletti (1992b), The cost of reducing CO<sub>2</sub> emissions: A comparison of carbon tax curves with GREEN, OECD Economics Working Paper No. 118, OECD, Paris.
- OTA (Office of Technology Assessment) (1991), Changing by degrees: Steps to reduce greenhouse gases: Summary, OTA-0-482, U.S. Government Printing Office, Washington, DC.
- Pearce, David (1991), "The role of Carbon Taxes in Adjusting to Global Warming," *The Economic Journal*, July 1991, pp. 938-948.
- Perroni, C., and T. Rutherford (1991), International trade in carbon emissions rights and basic materials : General equilibrium calculations for 2020, Dept. of Economics, University of Western Intario, London, Canada.



- Proost, S., and D. van Regemorter (1990), Economic effects of a carbon tax - With a general equilibrium illustration for Belgium, Public Economics Research Paper No. 11, Latholieke Universiteit, Leuven, Belgium.
- Radwanski, E., A. Gromadzinski, E. Hille, P. Skowronski, and S. Szukalski (1993), Case study of greenhouse gas emission in Poland: Final report (Polish Foundation for Energy Efficiency), prepared for the Pacific Northwest Laboratories, Washington, DC.
- Rutherford, T. (1992), The welfare effects of fossil carbon reductions: Results from a recursively dynamic trade model, Working Papers, No. 112, OECD/GD(92)89, OECD, Paris.
- Shackleton et al. (1992), The efficiency value of carbon tax revenues, U.S. Environmental Protection Agency.
- Whalley, John, and Wigle. R. (1990), "Cutting CO<sub>2</sub> emissions: The effects of alternative policy approaches", *The Energy Journal*, 12, pp. 109-124.
- Whalley, John (1991), "The Interface Between Environmental and Trade Policies," *Economic Journal* Mar 1991, 101(405), pp. 180-189.