

溫室가스 低減政策과 波及效果: Global CGE 模型에 의한 分析*

趙 慶 煒**

논문초록

본 연구는 한국을 포함한 13개 지역과 지역별로 8개 산업으로 구성된 Global CGE 모형을 이용하여 부속서 I 국가들이 교토의정서에서 합의한 온실가스 감축의무를 이행하는 수단(개별탄소세, 국제배출권거래제)에 따른 파급효과를 분석하였다. 또한 우리가 온실가스 감축을 위한 국제적 노력에 동참하는 경우 우리에게 유리한 수단이 무엇인지를 분석하였다. 부속서 I 국가의 저감정책 도입은 부속서 I 국가 내의 에너지가격을 상승시켜 에너지소비 감소를 유발하며 이는 결국 전세계의 에너지 가격이 하락하는 결과를 초래한다. 반면 온실가스 감축은 부속서 I 국가의 소득을 감소시켜 우리의 수출을 둔화시키는 결과를 가져온다. 결국 부속서 I 국가들의 온실가스 저감정책이 우리의 국민경제에 미치는 효과는 이와 같은 가격효과와 소득효과 크기에 의해 결정된다. 본 연구 결과는 우리가 온실가스 저감에 동참하지 않는 한 우리와 같이 에너지 다소비 경제구조를 가진 개도국은 낮은 에너지가격으로 인해 국제무역에서 가격경쟁력을 확보할 수 있으며 경기가 활성화 되는 계기가 될 수 있다는 것을 보여주고 있다. 그러나 우리가 온실가스 감축노력에 동참하게 되면 이러한 상대적 가격경쟁력은 온실가스 감축에 따른 비용으로 상쇄되어 결국 우리 경제의 부담으로 작용하게 된다.

핵심주제어: Global CGE 모형, 기후변화협약, 온실가스 저감정책
경제학문헌목록 주제분류: C6

* 본 연구에 대해서 유익한 논평을 해주신 익명의 심사위원들과 에너지경제연구원에 근무하는 동료들에게 감사를 드린다.

** 에너지경제연구원 연구위원, glcho@keei.re.kr

I. 서론

지속적인 경제발전을 유지하는 동시에 대기중의 온실가스의 농도를 안정시켜 지구온난화로 야기될 수 있는 자연재해를 최소화하자는 목적으로 1992년 브라질 리우(Rio)에서 기후변화협약(UNFCCC: UN Framework Convention on Climate Change)이 채택된 이래 지구온난화에 대한 국제적 대응 노력은 해를 거듭하면서 구체화되고 있다. 1998년 12월 교토(Kyoto)에서 열린 제3차 당사국총회(COP3)에서는 협약의 실천과제인 교토의정서(Kyoto Protocol)가 채택되어, 선진 38개국(부속서 I 국가)들의 1차 공약기간(2008~2012) 중에 온실가스배출량을 1990년 대비 평균 5.2% 이상 감축하기로 합의하였다. 이어 아르헨티나의 부에노스아이레스에서 열린 제4차 당사국총회(COP4)에서는 교토메커니즘에 대한 구체적 운영방안, 기술 및 자본 이전 문제, 자발적 참여문제에 대한 구체적 실행계획을 2000년까지 마련하기로 하고 회의를 마감하였다. 또한 COP4에서는 아르헨티나와 카자흐스탄의 자발적 참여를 선언함에 따라 개도국의 참여문제는 피할 수 없는 우리의 당면과제로 대두되고 있는 실정이다.

지구온난화는 환경문제로만 인식되기 쉬우나 지구온난화에 대한 대처방안이 에너지 효율 개선, 연료대체 등 에너지·경제적 측면에 있으며 온실가스 배출량을 줄이기 위해 강제적 조치를 취한다면 경제발전에 심각한 영향을 미친다는 점에서 에너지·경제문제로 접근하는 것이 보다 타당하다 하겠다. 또한 교토의정서가 채택됨으로써 각국이 이제는 온실가스 배출에 대해 일정한 비용을 부담해야 하며 이에 따라 온실가스에 가격이 매겨짐으로써 온실가스가 하나의 상품으로 거래되는 시대를 맞이하게 될 것이다. 온실가스가 하나의 상품으로 거래될 때 각국은 수입재화에 대한 환경 관련 규제를 강화할 것이다. 그 예로서 유럽은 이미 수입자동차에 대한 연비규제를 강화하고 있는 실정이다. 따라서 기후변화협약은 각국의 경제구조뿐만 아니라 국제무역시장까지도 새로운 모습으로 재편해 나갈 것이 분명하다.

이와 같이 기후변화협약은 어느 특정 산업에 국한하여 영향을 미치기보다는 산업 전반에 걸쳐 광범위하게 영향을 미치기 때문에 부분균형모형보다는 일반균형모형에 근거하여 분석하는 것이 보다 타당하다 하겠다. 더욱이 기후변화협약이 논의되는 지구온실가스 감축은 어느 한 국가의 문제라기보다는 범지구적 차원의 문제로서 모든 국가들에 공동의 노력을 요구하고 있다. 따라서 모형구축 또한 이러한 기후변화

협상의 특징을 반영하고 국제간의 관심사인 교토메커니즘(국제간 배출권거래제, 공동이행, CDM 등)을 분석할 수 있는 방향으로 모형이 구축되어야 한다.

이를 위해 본 연구에서는 다(多)지역, 다(多)부문, 역동적 연산 가능한 일반균형 모형을 개발하여 다음과 같은 기후변화 관련 과제에 대한 경제적 파급효과를 분석하였다.

첫째, 교토의정서(Kyoto Protocol)에서 합의된 제 1 차 회계연도(budget period)의 감축의무량을 선진국들이 이행했을 경우 우리 경제 및 산업에 미치는 파급효과는 무엇인가?

둘째, 의무이행을 위해 채택된 선진국의 저감정책 및 수단에 따른 우리 경제에 미치는 파급효과와 차이점은 무엇인가?

셋째, 우리의 자발적 참여가 부속서 I 국가에 미치는 영향은 무엇이고 우리에게 가장 바람직한 정책 및 수단은 무엇인가?

다음 절에서는 분석을 위해 사용된 모형의 구조가 설명되어 있으며, 제 III 절에서는 온실가스배출 저감수단별 우리나라의 저감목표량에 따라 시나리오를 설정하고 이에 대한 분석결과를 수록하였다. 마지막으로 제 IV 절에서는 요약과 정책제언이 수록되어 있다.

II. 모형 구조 및 개요

1. 개 요

본 연구에서 구축된 多지역, 多부문, 축차적 동태(Recursive Dynamic) 일반균형(Computational General Equilibrium, CGE) 모형을 간단히 설명하면 다음과 같다.¹⁾ 본 모형은 OECD에서 개발한 GREEN(GeneRal Equilibrium Environmental Model)과 MIT에서 개발한 EPPA(Emissions Prediction Policy Analysis) 모형의 경제구조와 데이터베이스에서 출발하고 있다.²⁾ GREEN과 EPPA에서는 한국을 동아시아

1) 본 모형에 대한 자세한 내용은 조경엽(1999)에 수록되어 있어 본 연구에서는 모형의 방정식과 경제구조에 대해 축약하여 설명하였다.

2) GREEN 모형은 OECD의 연구진인 Burniaux, Martin, Nicoletti, and Martins(1992)에 의해

지역에 포함시켜 총 12개의 지역으로 구분하고 있으나, 본 모형은 한국을 독립적인 국가로 취급하여 13개 지역으로 이를 확장함으로써 기후변화협약이 한국경제에 미치는 파급효과를 분석할 수 있도록 하는 데 주안점을 두고 있다.

본 모형의 특징을 간략히 요약하면 다음과 같다. 본 모형에서 사용된 한국의 데이터는 한국은행과 관세청에서 발간하는 1985년 산업연관표와 무역통계연보로부터 추출하였으며, GREEN 모형에서 한국이 포함된 동아시아지역의 데이터는 이에 따라 적절히 수정되었다. 그 외 지역에 대한 데이터는 GREEN 모형과 동일한 데이터와 모수(parameter) 값을 사용하고 있다.³⁾ GREEN 모형에서는 총 62개 국가들의 IO 데이터와 무역밸런스를 바탕으로 12개 지역과 8개 생산부문으로 통합하였다. 그러나 데이터의 기준연도가 모두 1985년도이기 때문에 현재와 같이 급격히 변화하는 산업구조를 반영하는 데는 한계가 있다. 이와 같은 문제를 극복하고 데이터의 신뢰성을 높이기 위해서는 보다 최근의 데이터를 사용하여 모형을 개선하는 것이 필요하다.⁴⁾

본 연구에서는 1985년부터 2020년까지 5년을 주기로 6기간(period)을 분석기간으로 설정하였으며, 분석 대상지역은 <표 1>에 명시된 13개 지역으로 상호무역 및

개발되었으며, EPPA 모형은 MIT 연구진인 Yang, Eckaus, Ellerman, and Jacoby (1996)에 의해 개발된 모형이다. EPPA 모형은 GREEN 모형과 동일한 데이터와 유사한 경제구조를 사용하고 있지만 C 언어로 프로그램되어 있는 GREEN 모형과는 달리 일반균형모형을 위해 Rutherford (1994)가 개발한 MPSGE를 사용하여 프로그램되어 있다. EPPA 모형과 같이 본 모형 또한 MPSGE를 사용하여 프로그램하였다.

- 3) 한국 관련 모수값은 손양훈·신동천(1997), 조경엽·권태규(1999), 김성현·김영덕·조경엽(1999), 강승진(1999) 등의 연구자료에 기초하여 추정하였다. 본 모형에서 사용한 SAM (Social Account Matrix) 테이블과 모수값은 부록에 수록하였다.
- 4) 이와 같은 문제점을 보완하기 위해서 미국 콜로라도대학에서 구축한 GTAP-EG 데이터를 사용하여 향후 모형을 개선할 예정이다. GTAP-EG는 GTAP 데이터와 IEA에서 구축한 에너지 데이터를 통합하여 기후변화협약 관련 분석을 위해 개발된 데이터베이스이다. GTAP 데이터는 45개 지역, 50개 재화, 5개 생산요소로 구성된 IO 데이터와 무역밸런스로 구성되어 있는 반면 IEA 에너지 데이터는 135개 국가, 32개 생산부문에서 사용하는 7개 에너지 소비량을 보여주고 있다. GTAP에 있는 에너지 관련 데이터는 화폐단위로 명시되어 있어 각국의 온실가스 배출량을 추정하기에는 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 콜로라도대학에서 GTAP과 IEA 데이터를 통합한 GTAP-EG 데이터를 개발하여 운용하고 있다. GTAP-EG 데이터는 45개 지역, 23개 재화, 5개 생산요소로 구성되어 있어 GREEN 데이터보다 대상 국가 수가 적다는 단점은 있지만 기준연도가 1995년이기 때문에 현재와 같이 급속히 변화하는 산업구조를 반영하기에는 좀더 합리적이라 할 수 있다.

〈표 1〉 분석대상 국가

국 가	기 호	비 고
한 국	KOR	
미 국	USA	
일 본	JPN	
유럽공동체	EEC	벨기에, 덴마크, 프랑스, 독일, 그리스, 아일랜드, 이탈리아, 룩셈부르크, 네덜란드, 포르투갈, 스페인, 영국
기타 OECD 국가들	OOE	오스트리아, 핀란드, 노르웨이, 스웨덴, 호주, 캐나다, 뉴질랜드, 터키
동유럽	EET	불가리아, 체코슬로바키아, 헝가리, 폴란드, 루마니아, 유고
구 소련	FSU	
에너지 수출국	EEX	OPEC: 알제리, 에콰도르, 가봉, 인도네시아, 이란, 이라크, 쿠웨이트, 리비아, 나이지리아, 카타르, 사우디아라비아, 아랍에미리트, 베네수엘라 Non-OPEC 석유 수출국: 앙고라, 베냉, 브루나이, 카메룬, 콜롬비아, 콩고, 말레이시아, 멕시코, 오만, 페루, 트리니다드, 튀니지, 이집트 석탄 수출국: 남아프리카 공화국 가스 수출국: 볼리비아
중 국	CHN	
인 도	IND	
국동아시아	DAE	홍콩, 필리핀, 싱가포르, 대만, 태국
브라질	BRA	
기타 국가들	ROW	

투자를 통해서 서로 연결되고 있다. 〈표 2〉에서 보는 바와 같이, 각 지역의 경제구조는 8개의 생산부문, 2개의 신기술(backstop technology) 부문, 4개의 소비부문으로 구성하였으며, 생산 및 소비의 경제행위 외에도 정부부문과 투자 및 비축부문이 추가되어 있다.

생산부문은 노동, 자본, 에너지, 고정투입요소와 중간재화를 사용하여 생산활동을 한다고 가정하였다. 각 부문에서 사용되는 중간재화는 수입재화간 불완전 대체성과 국내재화와 수입재화 간의 불완전 대체성을 감안하여 2단계 아밍톤(Armington) 경제구조를 도입하였다. 그러나 원유는 생산되는 지역에 관계없이 동일재화로 간주하는 헥서-올린재화로 처리하였다.

생산부문 중에서 에너지부문은 석탄, 원유, 천연가스, 석유, 전력부문으로 세분화되어 있다. 석유정제부문, 에너지집약산업, 기타 재화 및 서비스산업을 제외한

〈표 2〉 분석대상 부문

생산부문	소비부문	생산요소	대상 온실가스
<ul style="list-style-type: none"> • 비에너지부문 <ul style="list-style-type: none"> 1. 농업 2. 에너지집약산업 3. 기타 산업 및 서비스 • 에너지부문 <ul style="list-style-type: none"> 4. 원유 5. 천연가스 6. 석유 7. 석탄 8. 전력 • 미래에 이용가능한 산업 (Backstop Technology) <ul style="list-style-type: none"> 9. 석유대체유 10. Carbo-Free 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 음식료 2. 광연료 3. 교통 및 통신 4. 기타 재화 및 서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 노동 2. 자본 3. 고정투입요소 (매장량, 토지) 	<ul style="list-style-type: none"> 1. 이산화탄소(CO₂) 2. 메탄(CH₄) 3. 아산화질소(N₂O)

모든 산업은 고정투입요소(fixed factor)를 생산요소로 사용하고 있다. 예를 들어 농업부문에서는 토지, 전력부문에서는 수력 및 원자력 발전소 건설에 필요한 부지, 석탄, 원유, 천연가스부문에서는 각각의 매장량을 고정투입요소로 가정하였다. 석유와 전력부문은 미래에 도입될 수 있는 신기술에 의해서 생산될 수 있으며, 이는 기존 기술에 의해 생산된 석유 및 전력과 완전대체가 가능하다고 가정하였다. 더욱이 전력부문은 온실가스 多배출 생산기술인 화력발전과 온실가스 無배출 생산기술인 원자력·수력으로 크게 분류하여 온실가스 저감정책 도입에 따른 대체효과를 분석할 수 있도록 설계되었다.

본 모형에서는 에너지수요는 에너지원간의 대체가능 정도에 따라 순서적으로 복합되는 구조로 설계하여 에너지원간의 비대칭적 대체성을 감안할 수 있게 하였다. 즉 석유류와 가스는 석탄 또는 전력보다는 상호 대체성이 높은 것이 현실이다. 따라서 일차적으로 석유류와 가스의 대체가 발생하고 다음으로 석탄과 석유·가스 복합재화와와의 대체가 일어난다고 가정하였다. 마지막으로 석유·가스·석탄 복합재화인 非전력에너지와 전력에너지와의 대체가 발생한다고 가정하였다.

하향식(Top-Down) 모형의 단점을 보완하기 위해 신기술 도입을 포함해서 AEEI (Autonomous Energy Efficiency Improvement)에 근거한 에너지효율 증가를 모형에

반영하였다.⁵⁾ 본 모형은 소비부문을 온실가스 저감수단 도입에 민감할 수 있는 광연료, 수송부문을 구분하여 총 4개의 부문으로 세분화하였다. 본 모형을 이용하여 분석 가능한 온실가스로는 화석연료연소와 여러 생산공정과정에서 배출되는 이산화탄소(CO_2), 메탄(CH_4), 아산화질소(N_2O) 등이나 본 연구에서 이산화탄소에 국한하여 분석하였다.

경제주체는 근시안적(myopic) 예측능력을 가졌다고 가정하여 매기를 축차적으로 연산하는 방법을 채택하였다. 즉 미래의 가격변화는 현재의 의사결정에 영향을 미치지 않는다는 가정하에서 정태적 방법에 의해서 매기의 균형을 도출하는 방법이다.⁶⁾ EPPA와 마찬가지로 경제구조는 GAMS 내의 MPSGE(Modeling General Equilibrium Problems) 하부모듈을 사용하여 프로그램함으로써 향후 연구목적에 따라 수정 및 보완이 수월하도록 하였다.⁷⁾

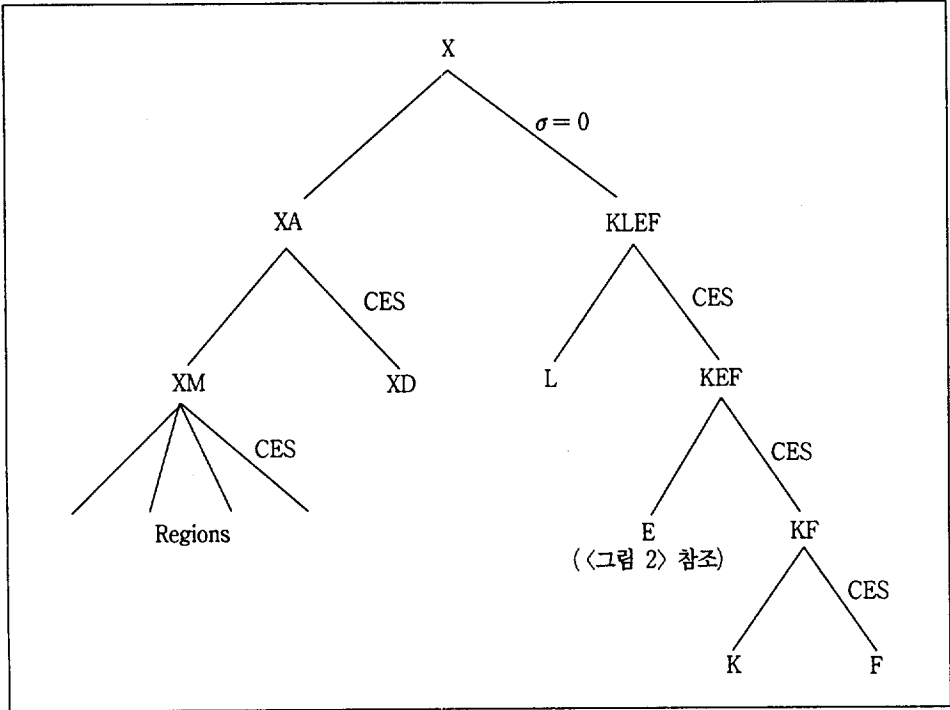
2. 모형구조

(1) 생산부문

〈그림 1〉은 각 지역의 부문별 생산구조를 보여주고 있다. 부문별 생산량(X_i)은 중간투입재화(intermediate goods)와 생산요소를 사용하여 생산되며, 생산된 재화는 국내외의 중간투입재화, 소비재, 투자 및 비축으로 사용된다고 가정하였다.

- 5) GREEN과 EPPA에서는 기존의 자본과 신규자본의 생산성 차이를 빈티지(vintage) 이론을 도입하여 반영함으로써 기술진보에 대한 취약점을 보강하고 있으나, 본 모형에서는 아직 이를 반영하지 못하고 있다. CGE 모형에서 빈티지 이론에 관한 설명은 Manne(1977) 참조.
- 6) 축차적 연산방법은 Shoven and Whalley(1992), Fullerton and Rogers(1993) 등 재정경제학 자들에 의해 널리 사용되고 있다. 다국가 다부문 일반균형모형에서 완전동태모형은 프로그램의 어려움과 많은 연산시간 등으로 인해 그간 개발되지 않다가 최근 Bernstein, Montgomery, and Rutherford(1999)는 다국가 다부문 모형에서 완전동태모형을 도입하고 있다. 완전동태 모형은 미래의 정책도입이 현재의 의사결정에 영향을 미치는 역동적인 경제영향을 감안할 수 있다는 장점이 있다.
- 7) MPSG는 Thomas Rutherford(1994) 교수에 의해서 일반균형모형의 연산을 위해 개발된 프로그램으로서, 방정식을 일일이 기입하는 기존의 프로그램과는 달리 경제구조를 프로그램한다. 생산함수 또는 소비함수에 대한 대체탄력성만 정의하여 주면 기준연도의 변수값을 이용하여 방정식에 사용된 셰어계수(share coefficient) 값은 프로그램 내에서 연산이 된다. 따라서 경제구조의 변형이 기존 프로그램보다는 수월하다 하겠다. 더 자세한 내용과 사용방법에 대해서는 "Economic Equilibrium Modeling with GAMS"(1998) 매뉴얼에 잘 설명되어 있다.

〈그림 1〉 각 지역의 i 부문의 생산구조



〈그림 1〉은 각 단계의 생산복합(nested) 과정과 함수형태를 보여주고 있다. 예를 들어 각 지역의 i 부문 최종재화(X_i)는 비에너지 중간재화($XA_{ne,i}$)와 자본, 노동, 에너지, 고정투입요소로 구성된 복합생산요소($KLEF_i$)와의 레온티에프함수(Leontief function)로 생산된다. 이를 수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$X_i = \sum_{ne} XA_{ne,i} + a_{klef,i} (KLEF)_i \quad (1)$$

다음 단계의 $KLEF_i$ 복합 생산요소는 노동(L_i)과 KEF_i 복합생산요소(자본, 에너지, 고정투입요소)의 CES 방정식으로 형성된다.

$$KLEF_i = \left[a_{l,i} L_i^{\rho_{klef,i}} + a_{kef,i} (KEF)_i^{\rho_{klef,i}} \right]^{\frac{1}{\rho_{klef,i}}} \quad (2)$$

같은 방법에 의해서 〈그림 1〉에 나타난 각 단계 생산함수를 쉽게 정의할 수 있

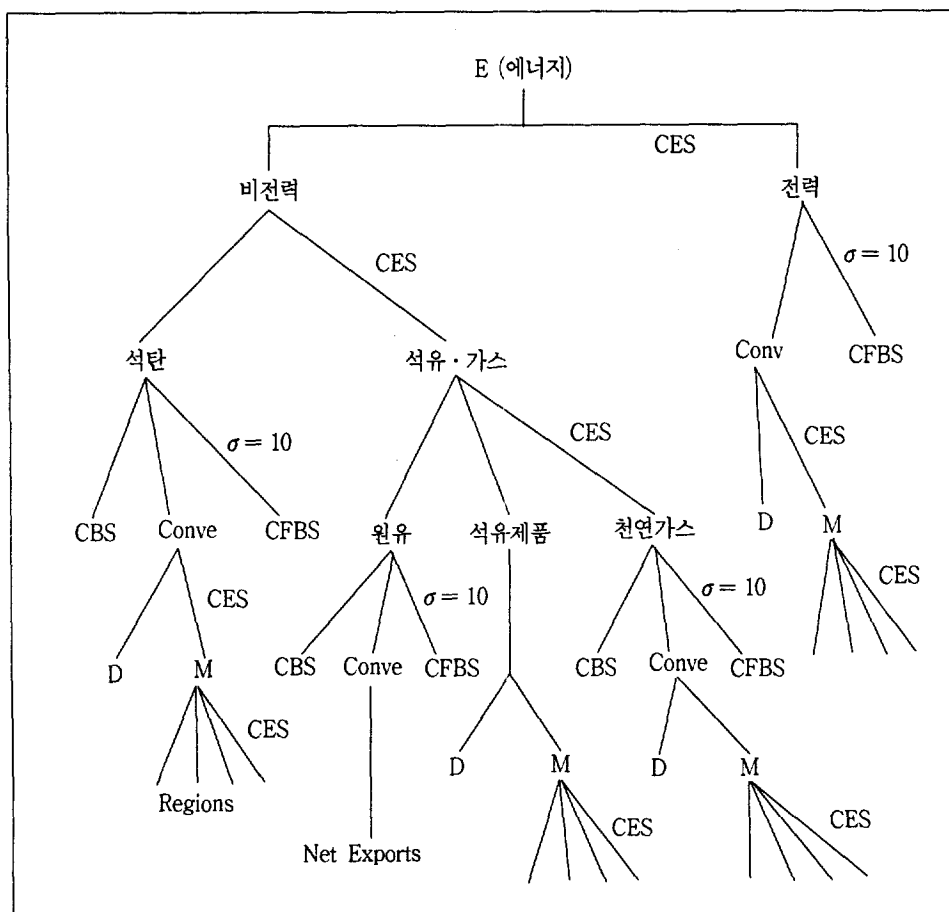
어 생략하고 <그림 2>에 나타난 총 에너지 E_i 의 생산과정을 살펴보면 다음과 같다. <그림 2>의 맨 위 단계는 방정식(3)에서 보여주듯이, 부문 i 에 사용되는 총 에너지 E_i 는 非전력복합에너지재화(NE_i)와 전력에너지($FU_{elec,i}$)의 CES 방정식으로 정의하였다.

$$E_i = [a_{elec,i} FU_{elec,i}^{\rho_{e,i}} + a_{ne,i} NE_i^{\rho_{e,i}}]^{\frac{1}{\rho_{e,i}}} \quad (3)$$

부문 i 에서 수요되는 非전력복합에너지는 방정식(4)에서와 같이 석유·가스복합재화(OG_i)와 석탄($FU_{coal,i}$)의 CES 방정식에 의해 구성된다고 가정하였다.

$$NE_i = [a_{coal,i} FU_{coal,i}^{\rho_{NE,i}} + a_{og,i} OG_i^{\rho_{NE,i}}]^{\frac{1}{\rho_{NE,i}}} \quad (4)$$

<그림 2> 각 지역의 i 부문에서 사용되는 에너지 소비구조



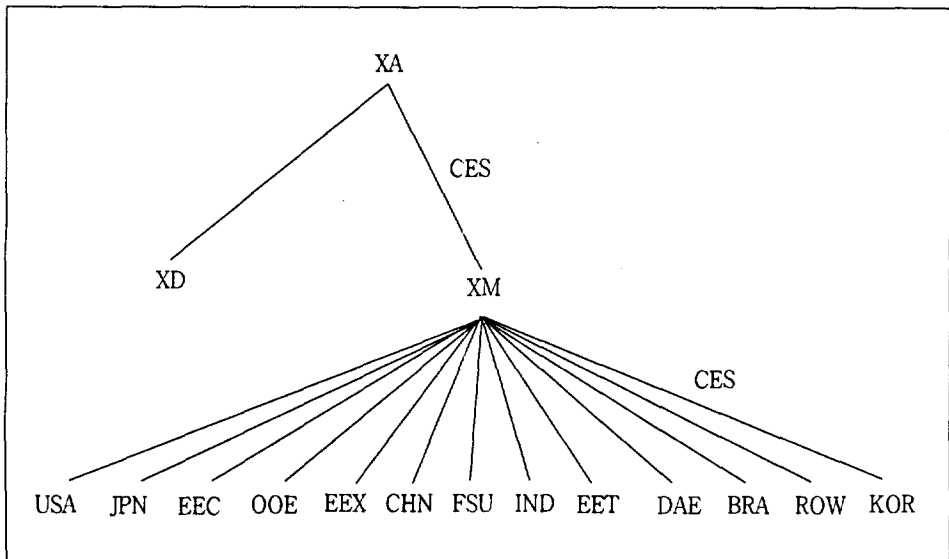
부문 i 에서 수요되는 석유·가스복합재화는 원유($FU_{Oil,i}$), 천연가스($FU_{Gas,i}$)와 석유제품($FU_{RefOil,i}$)의 CES 방정식으로 생산된다.

$$OG_i = \left[\sum_j a_{j,i} FU_{j,i}^{\rho_{og,i}} \right]^{\frac{1}{\rho_{og,i}}} \quad j = \{Oil, Gas, RefOil\} \quad (5)$$

<그림 2>에 나타나 있는 Conve는 현재 사용되고 있는 생산기술을 의미하며 CBS는 온실가스를 배출하는 대체에너지를 나타내는 반면 CFBS는 신원자력 및 태양광 발전과 같이 온실가스를 배출하지 않는 신기술을 대변한다. 신기술에 대해서는 다음에 좀더 자세히 살펴보기로 하고 <그림 1>과 <그림 2>에 나타나 있는 아밍톤(Armington) 재화의 구조에 대해서 먼저 살펴보자.⁸⁾

부문 i 에서 사용되는 에너지와 비에너지 아밍톤(Armington) 중간재화는 두 단계를 거쳐 구성된다. 각 지역의 i 부문은 에너지와 비에너지($j=e, ne$) 재화를 여러 나라로부터 수입할 수 있다. 따라서 i 부문이 수요하는 j 재화는 여러 국가로부터 수입되는 재화간의 불완전 대체를 통해 생산된 수입복합재화($XM_{j,i}$)와 국내에서 생산된 j 재화($XD_{j,i}$) 간의 불완전 대체관계를 통해 생산된다. <그림 3>은 이상에서

<그림 3> 아밍톤 생산구조



8) Armington (1969)은 수입재화와 국내재화 간의 불완전 대체성을 실증분석을 통해 증명하였다.

설명된 아밍톤 구조를 잘 요약하고 있다. 이를 수식으로 설명하면 다음과 같다.

$$XA_{j,i} = \left[a_{m,j} XM_{j,i}^{\rho_{md,j,i}} + a_{d,j} XD_{j,i}^{\rho_{md,j,i}} \right]^{\frac{1}{\rho_{md,j,i}}} \quad j \in ne, e \quad (6)$$

그리고 i 부문에서 수요되는 j 재화의 수입복합재화($XM_{j,i}$)는 다른 지역에서 생산된 j 재화간의 불완전 대체를 통해 생산된다고 가정하였다. 이는 지역에 따라 생산된 재화의 가격차이가 있음을 반영하고 있는 것이다.

$$XM_{j,i} = \left[\sum_r a_{r,j,i} XM_{r,j,i}^{\rho_{r,j,i}} \right]^{\rho_{r,j,i}} \quad j \in I \quad (7)$$

여기서 $XM_{r,j,i}$ 는 r 지역으로부터 수입되어 i 부문에서 수요되는 j 재화를 나타낸다.

원유의 경우는 방정식 (6) 과 (7) 과는 달리 수입재화와 국내재화의 완전대체를 가정하는 헤커-올린(Heckscher-Ohlin) 구조를 가정하였다. 이는 원유는 생산되는 지역에 상관없이 동일 재화임을 의미한다. 따라서, 원유에 대한 수요구조는 방정식 (8) 과 같이 쓸 수 있다.

$$XA_{Oil,i} = \sum_r a_{r,Oil,i} XM_{r,Oil,i} + a_{d,j} XD_{Oil,i} \quad (8)$$

본 모형에서는 전력과 석유만이 대체기술에 의해서 생산될 수 있다고 가정하였다. 신기술의 정의는 현재는 경제성이 없어 도입되지 않으나 미래에는 도입될 수 있는 기술로 정의할 수 있다.⁹⁾ 전력에서 이용 가능한 신기술은 태양광 발전과 신원자력 발전소를 들 수 있으며, 석유에서는 타르 모래(tar sands)와 오일혈암(oil shale)에서 채굴된 중질석유를 들 수 있다.¹⁰⁾ 따라서 <그림 2>에서 신기술로서는 원유부문에 나타난 CBS와 전력부문의 CFBS만을 본 모형에서는 다루고 있다. 모형의 단순화를 위해서 EPPA 모형에서와 같이 신기술 재화는 자본과 노동의 선형조합으로 생산되어 기존의 재화와 완전대체가 가능하다고 가정하였다.

9) 좀더 자세한 내용은 Manne and Richels(1992) 참조.

10) 타르 모래와 오일혈암은 미국, 석유산유국 등에 풍부하나 현재 경제성이 없어 생산되지 않고 있다.

$$X_{b,i} = \alpha_{b,i}L_{b,i} + \beta_{b,i}K_{b,i} \quad (9)$$

$$\alpha_{b,i} + \beta_{b,i} = c_{b,i} > 1 \quad (10)$$

$$X_i = X_{c,i} + X_{b,i} \quad (11)$$

여기서 $\alpha_{b,i}$ 와 $\beta_{b,i}$ 는 레온티에프(Leontief) 계수이며 $c_{b,i}$ 는 신기술 비용계수로 정의할 수 있다.¹¹⁾ 신기술과 기존의 생산을 구분하기 위해 사용된 하첨자 c 는 기존의 생산을 나타낸다. 신기술 정의에 의해 현재는 경제성이 없어 도입되지 않기 때문에 레온티에프 계수의 합이 1보다 크다고 가정하였다. 이는 만약 신기술과 기존의 생산기술 모두 생산단위당 동일한 노동을 사용하고 있다고 가정하면, 신기술은 기존 기술에 비해 더 많은 자본을 사용하여 한 단위의 동일한 재화를 얻을 수 있다는 의미이다. 그러나, 임금(w)과 재화가격(p_i)에 비해 상대적으로 자본가격(r)이 충분히 낮아진다면 미래에 도입이 될 수 있음을 나타낸다. 따라서 본 모형에서는 신기술의 도입 조건을 다음과 같이 정의하였다.¹²⁾

$$\alpha_{b,i}w + \beta_{b,i}r \leq p_i \quad (12)$$

(2) 소비부문

각 지역은 효용을 극대화하는 대표(representative) 소비자로 구성되었으며, 효용함수는 최소 소비수준(θ_c)을 요구하는 LES(Linear Expenditure System) 함수를 가정하였다.¹³⁾

11) 각 지역의 전력과 석유제품에 대한 신기술비용계수($c_{b,i}$) 값은 부록에 수록하였다.

12) Kuhn-Tucker 정리를 적용하면 균형에서는 다음 조건이 성립된다.

$$X_{b,i} > 0 \Leftrightarrow \alpha_{b,i}w + \beta_{b,i}r = p_i.$$

본 연구에서는 전력과 석유제품만이 신기술에 의해 생산되며 2010년부터 도입이 가능하다고 가정하였다. 레온티에프 계수 $\alpha_{b,i}$ 와 $\beta_{b,i}$ 값을 구하기 위해서 2010년도에 신기술에 의해 생산된 전력과 석유제품량과 이에 투입된 자본과 노동은 1985년도의 전력 및 석유제품생산과 투입량의 10%라고 가정하였다. 이를 이용하여 MPSG 프로그램은 내생적으로 결정된 자본가격, 임금, 재화가격을 바탕으로 $\alpha_{b,i}$ 와 $\beta_{b,i}$ 의 값을 결정한다.

13) LES 함수는 Stone-Geary 함수로 불리기도 한다. Fullerton and Rogers(1993) 참조.

$$U = \prod_c (Y_c - \theta_c)^{\mu_c} \quad (13)$$

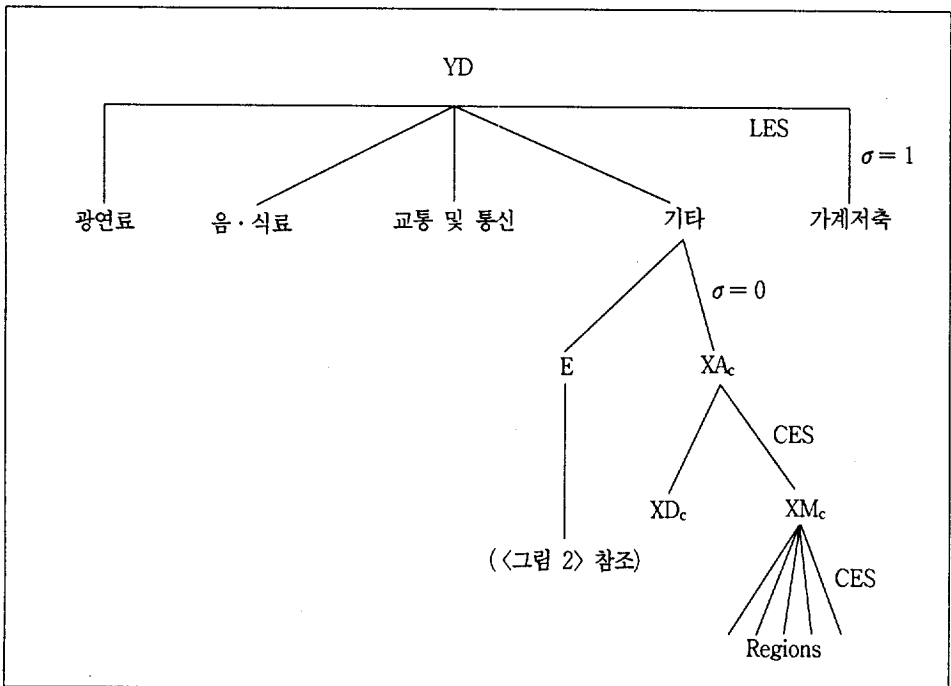
소비자는 주어진 가처분소득이라는 예산제약조건하에서 효용을 극대화한다. 가처분소득(YD)은 방정식(14)에 명시된 바와 같이 모든 생산요소로부터 얻는 소득과 정부로부터 받는 이전소득(TR)의 합에서 가계저축(S_h)과 세금(T_h)을 감한 것으로 정의하였다.

$$YD = wL^s + rK^s + \sum_i pf_i F_i^s + TR - S_h - T_h \quad (14)$$

위 첨자 s 는 생산요소 공급을 나타내며 w 와 r 은 임금과 자본 수익률을 나타낸다. pf_i 는 고정투입요소의 균형가격을 나타낸다.

〈그림 4〉에서 보듯이 네 종류의 소비재(음·식료, 광연료, 교통 및 통신, 기타 재화 및 서비스)는 비에너지 아밍톤(Armington) 재화와 에너지 복합재화를 사용하여 생산된다.

〈그림 4〉 가계의 소비구조



이를 수식으로 나타내면 방정식(15)와 같다.

$$X_c = \sum_{ne} XA_{ne,c} + a_{e,c} E_c \quad (15)$$

c = (음·식료, 광연료, 교통 및 통신, 기타 서비스 및 재화)

여기서 X_c 는 최종소비재(음·식료, 광연료, 교통 및 통신, 기타 서비스 및 재화)를 나타낸다. 소비부문의 에너지수요와 아밍톤(Armington) 재화의 수요는 생산부문과 동일하여 생략하기로 하자.

(3) 정부부문

정부는 생산(에너지 포함) 부문과 소비부문에 세금부과와 수입재화에 관세를 부과함으로써 세수입을 얻고, 이를 정부재화를 구매하거나 가계에 이전(transfer) 함으로써 지출하게 된다. 정부 세수입과 지출의 차이는 정부저축(음 또는 양)으로 정의될 수 있으므로, 정부는 항상 균형예산을 실현한다고 가정할 필요는 없다.¹⁴⁾ 정부지출과 수입의 차이는 정부예산 균형상태를 나타내는 정부저축으로 정의할 수 있다.

$$S_g = TGR_g - G_g - TR_h \quad (16)$$

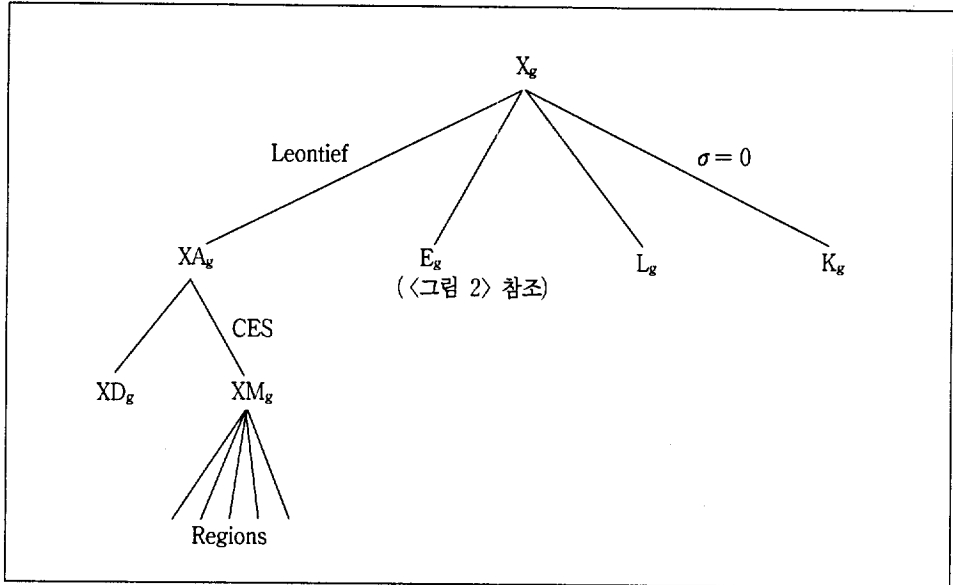
TGR_g 은 총정부수입으로서 소비와 생산부문 및 수입재화에 부과된 세수입의 합을 나타낸다. S_g 는 정부저축으로서 총정부수입에서 정부소비지출(G_g)과 가계이전(TR_h)을 감한 것으로 정의할 수 있다.

〈그림 5〉는 정부재화 생산구조를 보여주고 있다. 정부는 아밍톤 복합재화(XA_g), 에너지복합재화(E_g), 노동(L_g)과 자본(K_g)을 사용하여 정부재화(X_g)를 생산한다. 이와 같은 정부재화의 공급은 방정식(17)로 대변될 수 있다. 정부부문의 에너지복합재화와 아밍톤 복합재화의 구성이 타 부문과 동일하여 생략하였다.

$$X_g = \sum_{ne} a_{ne,g} XA_{ne,g} + a_{e,g} E_g + a_{l,g} L_g + a_{k,g} K_g \quad (17)$$

14) 균형에서 정부투자과 일치하는 정부저축은 독립적으로 정부의 계획하에 수립되기 때문에 일반적으로 정부예산 불균형과 일치하지 않는다. 그러나 GREEN DB와의 일관성을 위해 한국의 경우도 정부저축을 따로 산정하지 않았다.

〈그림 5〉 정부재화 생산구조



본 연구에서는 투자부문과 비축부문은 동일한 경제활동 구조를 가지고 있다고 가정하였다. 또한 소비부문의 LES 구조를 제외하면 이들 부문은 소비재화의 구조와 동일하다고 가정하고 있어 생산함수형태는 생략하기로 하자.

(4) 외생변수

본 연구에서 채택한 축차적 (Recursive or Sequential) 연산을 위해서 설정한 외생 변수는 자본, 인구, 노동생산성, 에너지효율, GDP 증가율이다.¹⁵⁾ 외생적으로 주어진 GDP 증가율을 충족하기 위해 자본에 내재화된 기술진보가 내생적으로 결정되도록 모형을 설계하였다.¹⁶⁾ 자본형성은 다음과 같이 가정하였다.

$$K_t = (1 - \delta) K_{t-1} + TI_{t-1} \quad (18)$$

15) 외생변수에 대한 자세한 값은 부록에 수록하였다.

16) 기준시나리오 (BAU) 하에서는 GDP가 외생적으로 주어지고 자본에 내재화된 기술진보가 내생적으로 결정된다. 그러나 다음 절에서 설명할 시나리오 분석을 위해서는 반대로 기준시나리오에서 결정된 기술진보를 외생적으로 고정하고 GDP가 내생적으로 결정되도록 함으로써 정책변화에 따른 GDP 변화 효과를 분석할 수 있도록 설계하였다.

$$TI = S_t + \sum_r MI_r - \sum_r EI_r \quad (19)$$

TI 는 총국내투자, $\sum_r MI_r$ 은 총 수입액, $\sum_r EI_r$ 은 총 수출액을 나타내며 δ 는 감가상각률을 나타낸다.¹⁷⁾ 따라서 $\sum_r MI_r - \sum_r EI_r$ 은 무역수지 적자 또는 흑자를 나타내고 있다.

총 저축(S)은 가계저축과 정부저축으로 구성되나 무역수지불균형과 정부예산불균형은 4기후에는 소멸된다고 가정하였다. 따라서 4기후의 투자는 결국 다음과 같이 가계저축에 의해 결정된다.

$$TI = S_h \quad (20)$$

그리고 가계저축은 다음과 같이 내생적으로 결정되도록 하였다.

$$S_h(t) = \left[\frac{r(t)}{w(t)} \right]^\sigma s_0 GDP(t) \quad (21)$$

S_h 는 가계저축을 나타내며, r 은 자본수익률, w 은 임금, s_0 는 GDP에서 차지하는 초기 저축비율, σ 은 자본과 임금의 상대적 변화에 따른 저축탄성치를 나타낸다. 따라서 방정식(21)은 자본의 상대적 회소성에 따라 가계저축이 형성된다는 것을 의미한다. 기준연도에 대한 자본수익률과 임금은 1로 설정되기 때문에, 만약 다른 특정연도에 r/w 가 1보다 크다면 가계는 상대적으로 노동보다는 자본을 더 공급함으로써 자본소득을 증가시킬 수 있다. 이 경우 가계저축은 증가하게 된다. 저축탄력성 σ 는 상대적 가격변화(r/w)에 따라 저축이 급격히 변화되는 것을 방지하는 역할을 한다. 모든 지역에 대한 저축탄성치(σ)는 0.25로 동일한 값을 사용하였다.

한 국가의 국제수지는 적자 혹은 흑자가 될 수 있지만 전세계의 관점에서는 무역수지는 항상 0이 된다. 따라서 방정식(19)에 나타나 있듯이 한 국가의 무역수지

17) EPPA모형에서와 같이 본 연구에서는 각국의 감가상각률을 다음과 같이 추정하였다. 초기연도의 감가상각액을 자본으로 나누어 연간 감가상각률을 구하였다. 따라서 δ 은 균형상태(steady state)에서의 연간 감가상각률을 나타낸다. 본 연구에서는 5년을 한 주기(period)로 가정하였기 때문에 기간당 감가상각률은 연간 감가상각률에 5배를 하여 추정하였다. 보다 정확하게는 매년도의 자본량에 따라 감가상각률을 추정하는 것이 바람직하나 데이터의 한계로 인해 이와 같이 대략적인 방법을 채택하였다. 연간 감가상각률은 부록에 수록하였다.

흑자 또는 적자는 자본의 유입과 유출을 통해 총 투자의 일부로 편성된다. 그러나 방정식(22)와 같이 전세계의 무역수지균형은 항상 달성되게 된다.

$$\sum_r \sum_i XE_{r,r',i} = \sum_{r'} \sum_i XM_{r',r,i} \quad (22)$$

이는 r 지역에서 r' 지역으로 수출한 i 재화의 총액($\sum_r \sum_i XE_{r,r',i}$)은 r' 지역이 r 지역에서 수입한 총액($\sum_{r'} \sum_i XM_{r',r,i}$)과 일치하게 됨을 의미한다.

본 모형에서는 한 국가의 초기 무역수지 불균형은 고정되는 반면 환율이 변동하는 변동환율제도를 채택하였다. 따라서 수입이 일정할 때 수출이 감소하였다면 국내 수출가격이 하락하여 다시 수출이 증가하게 되고 반면 수입이 감소하게 되어 초기의 무역수지 불균형 상태가 유지된다. 즉 상호 무역의 균형상태는 실질 환율변동에 의해 유지된다.

노동공급은 인구증가와 노동생산성 증가에 의해 결정되는 유효노동단위로 정의하였다. 따라서 유효노동공급의 증가는 외생변수인 각 지역의 인구증가율과 노동생산성증가율에 의해서 결정된다. 본 모형에서는 여가(leisure)를 결정변수로 설정하지 않고 있기 때문에 노동공급은 외생적으로 주어지며, 균형상태에서는 노동의 수요와 공급이 일치하게 된다.

EPPA 모형과 같은 인구증가율($g_{p,t}$)을 사용하여 지역별 인구를 다음과 같이 추정하였다.

$$POP_{r,t} = POP_{r,t-1}(1 + g_{p,t})^5 \quad (23)$$

본 모형에서 노동생산성 증가는 EPPA 모형과 같은 방식에 의해 추정하고 있다. 노동생산성의 증가는 현재 높은 증가율을 보이는 지역(미국, 일본, 기타 OECD, 유럽공동체, OPEC)은 2100년에 상대적으로 낮은 증가율(1%)을 목표로 설정하고, 낮은 인구증가율을 보이는 그 외 지역은 상대적으로 높은 증가율(2%)을 목표로 설정함으로써 결국 일반적 공통 수준에 접근하도록 하였다. 노동생산성, $LP_r(t)$, 수준은 다음 공식에 의해서 결정된다.

$$LP_r(t) = LP_r(0) e^{a_{lr}} \quad (24)$$

$$\alpha_{1,r} = \left[\frac{1n(1+g_{0,r})}{1-e^{-b,r}} \right]; \beta_{1,r} = \frac{1n \left[1 - \frac{1n(g_{0,r})}{1n(g_{n,r})} \right]}{Hoz} \quad (25)$$

g_0 는 초기 노동생산성 증가율을 나타내며, g_n 은 위에서 설명한 2100년의 노동생산성(1% 또는 2%)을 나타낸다. Hoz 는 1985년부터 2100년까지의 연도 수(115)를 나타낸다.¹⁸⁾ 따라서 유효노동공급은 다음의 공식으로 추정할 수 있다.

$$L_r^s(t) = POP_r(t) LP_r(t) \quad (26)$$

고정투입요소로 농업부문의 토지, 석탄부문의 비고갈성 매장량, 원유 및 천연가스부문의 고갈성 매장량, 전력부문의 수력 및 원자력발전에 필요한 토지를 들 수 있다.

본 모형에서는 EPPA 모형에서와 같이 농업부문, 석탄, 전력부문의 고정투입소는 잠재적으로 공급에 한계가 없다고 가정하였다. 따라서 이들 부문의 고정투입요소 공급은 가격과 전기(previous period)의 공급 수준에 의해 결정된다고 가정할 수 있다. 지역 r 의 t 기에 공급하는 i 부문의 고정투입요소량은 방정식(27)에 의해서 결정된다.

$$F_{i,r,t}^s = F_{i,r,t}^s \left[\frac{\frac{pf_{i,r,t}}{pu_{r,t}}}{\frac{pf_{i,r,t-1}}{pu_{r,t-1}}} \right]^{\sigma_{i,t}}, \quad i \in (\text{농업, 석탄, 전력}) \quad (27)$$

$F_{i,r,t}^s$ 는 고정투입요소량, pf 는 고정투입요소 가격, pu 는 소비자효용 가격, σ_f 는 공급가격탄력성을 나타낸다. 본 모형에서는 EPPA 모형에서와 같이 지역 및 부문에 상관없이 σ_f 는 일률적으로 0.3을 사용하였다. 천연가스와 원유의 경우는 GREEN 모형과 같이 총매장량이 고정되어 있다고 가정하는 것이 좀더 합리적이거나 본 연구에서는 석탄이나 전력에서와 같이 비고갈성 에너지로 취급하여 추정하였다.

GREEN 및 EPPA 모형에서와 같이, 본 연구에서도 에너지효율 증가는 AEEI의 가정을 채택하였다. 이는 한 단위 생산에 필요한 에너지량은 시간이 지남에 따라

18) 지역별 초기 노동생산성 증가율은 EPPA 모형에서 사용한 값과 동일하다.

자동적으로 향상된다는 가정이다. 생산부문(비에너지와 에너지 생산부문), 소비부문, 정부, 투자, 비축부문에서 사용되는 유효에너지 수요는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$E_{i,t}^e = (1 + \gamma_{e,i})^t E_{i,t} \quad (28)$$

E^e 는 유효에너지 수요, γ_e 는 AEEI 비율을 나타낸다. 본 모형에서는 지역 및 부문에 상관없이 일률적으로 γ_e 를 0.01로 설정하였다.

(5) 이산화탄소 배출량 추정

이산화탄소는 주로 연료연소로부터 발생한다. 우리나라의 경우 총 배출량의 약 85%가 연료연소로부터 발생하고 있으며, 나머지는 산업공정 및 바이오매스(biomass burning)로부터 발생하는 것으로 추정되었다. 그러나 본 연구에서는 연료연소에 의한 배출량($EE_{CO_2,t}$)에 초점을 맞추었으며 추정방정식은 다음과 같다.¹⁹⁾

$$EE_{CO_2,t} = \sum_e XA_{e,t} TJ_e \epsilon_e + X_{b,t} TJ_{\text{석유제품}} \lambda_{\text{석유제품}} \quad (29)$$

$$e = \{\text{천연가스, 석유제품, 석탄}\}$$

원유는 화석연료로 사용되지 않고 석유제품으로 전환되기 때문에 이산화탄소를 배출하지 않는다. 따라서 이산화탄소를 배출하는 화석연료로는 천연가스, 석유제품, 석탄에 국한하였다. XA_e 는 모든 부문에서 소요되는 에너지 아밍톤재화를 나타낸다. 모형에서 사용되는 에너지 단위는 '85 US\$인 고로 이산화탄소 배출량을 추정하기 위해서는 이를 에너지단위로 환산할 필요가 있다. 에너지환산계수(TJ_e)와 이산화탄소 배출계수(ϵ_e)는 EPPA 모형에 사용된 것과 동일한 수치이며 이는 부록에 수록되어 있다.²⁰⁾ 방정식 (29)에서 두번째 항목은 석유부문의 신기술 재화 사용으로 인한 이산화탄소 배출을 의미한다. $\lambda_{\text{석유제품}}$ 은 신기술로 생산된 석유제품으로부터 발생하는 이산화탄소 배출계수로 EPPA 모형에서와 같이 0.8을 사용하였다.

19) 산업공정 및 바이오매스(biomass burning)로부터 발생하는 배출량을 모형과 연계하여 추정하는 방법은 조경엽(1999)에 자세히 설명되어 있다.

20) 에너지환산계수는 1985년도 각 지역의 사용액('85 US\$)이 에너지사용량(exajoule)과 일치하도록 하는 계수를 일컫는다.

Ⅲ. 모형 추정 결과

본 절에서는 이상에서 설명된 Global CGE 모형을 이용하여 감축의무 이행과 저감수단에 따른 지역별 파급효과를 분석하였다. 온실가스 저감의무를 부담하는 지역으로 미국(UAS), 일본(JPN), 유럽공동체(EEC), 그 외 OECD 국가(OOE), 구 소련(FSU), 동유럽국가(EET) 등 6개 지역을 부속서 I 국가(Annex I)로 분류하였다. 온실가스 저감수단으로는 개별이행과 배출권거래제를 분석대상으로 설정하였다. 부속서 I 국가들이 교토의정서에서 합의한 감축의무를 개별 또는 배출권거래제를 통해 이행할 때 우리나라의 참여율에 따라 시나리오를 설정하였다. 우리나라가 전혀 참여하지 않고 부속서 I 국가들만이 온실가스 감축의무를 이행할 때와 참여할 때 우리 경제에 미치는 파급효과들을 비교 분석하였다. 더욱이 우리가 온실가스 감축의무에 참여하는 경우 우리에게 유리한 저감수단은 무엇이며 우리의 참여가 배출권 거래가격과 타 국가의 저감비용에 미치는 효과를 살펴보았다.

1. 기준 시나리오

(1) 이산화탄소 배출 전망

온실가스 저감을 위한 아무런 제약이 부과되지 않는 기준시나리오(BAU) 하의 각국의 이산화탄소 배출량 전망이 <표 3>에 나타나 있다.

2000년 이전까지 미국과 OECD의 이산화탄소 배출은 연평균 2% 미만의 낮은 증가율을 보이다가 장기적으로 1% 미만으로 하락할 것으로 추정되었다. <표 3>에 나타나 있듯이 미국은 1990년에 13억 3,100만 TC의 이산화탄소를 배출하여 전세계 이산화탄소 배출량의 23%를 차지하고 있다. 낮은 연평균 증가로 인해 미국의 점유율은 하락하여 2010년에 약 21%에 달할 것으로 전망된다. 그밖의 선진국들도 2010년에 일본 4%, 유럽공동체(EEC) 4%, 기타 OECD(OOE) 4%로 1990년에 비해 점유율은 점차 하락할 것으로 예측된다.

한국의 경우 1995년도 이전까지 연평균 8% 이상의 높은 이산화탄소 배출증가율을 보여 1990년에 6,500만 TC로 전세계 배출량의 약 1%를 차지하고 있다. IMF 위기 이후 한국의 경제성장을 둔화로 인해 이산화탄소 증가율도 급격히 하락하여 1995~2000년 기간 동안 연평균 3.4%의 증가율을 보여 2000년에는 1억 1,900만

〈표 3〉 기준 시나리오하의 국가별 이산화탄소 배출량

(단위: 백만 TC)

	1990	2000	2010	2020	연평균 증가율
					1990~2020
USA	1331	1538	1771	1935	1.3
JPN	303	308	371	414	1.0
EEC	806	835	944	1025	0.8
OOE	286	326	372	399	1.1
EEX	491	660	861	1016	2.5
CHN	645	1105	1552	1867	3.6
FSU	945	612	982	1219	0.9
IND	175	289	383	472	3.4
EET	319	229	359	448	1.1
KOR	65	119	165	204	3.9
DAE	83	120	154	190	2.8
BRA	93	120	150	184	2.3
ROW	353	471	618	733	2.5
Annex I	3991	3847	4799	5440	1.0
Other	1905	2883	3883	4667	3.0
전세계	5896	6730	8682	10107	1.8

TC에 달할 것으로 예측된다. 2000년 이후 경기회복으로 인해 연평균 이산화탄소 배출증가율은 4%대로 상승하여 2010년에 전세계 배출량의 약 2%에 달하는 1억 6,500만 TC를 배출할 것으로 전망된다.

(2) 이산화탄소 관련 주요 지표 전망

〈표 4〉에 나타난 이산화탄소 관련 주요 지표를 살펴보면, 인당 온실가스는 선진국이 높은 반면 GDP당 그리고 에너지소비당 이산화탄소 배출은 개도국이 선진국보다 높게 나타나고 있다. 인당 온실가스가 선진국이 개도국보다 높은 이유는 국민소득이 증가할수록 일인당 에너지소비가 증가하기 때문이다. 반면 GDP당 온실가스 배출은 개도국이 선진국보다 높게 나타나는 이유는 개도국일수록 기술수준이 낮아 에너지를 비효율적으로 사용하고 있기 때문이다. 또한 개도국은 LNG와 같은 청정연료보다는 석탄과 같은 비청정연료에 대한 의존도가 높아 에너지소비당 온실가스 배출이 선진국보다 높게 나타나고 있다.

〈표 4〉 이산화탄소 관련 주요 지표 전망

	인당 온실가스 배출 (TC/인)		이산화탄소/GDP (TC/'85 US 1000\$)		이산화탄소/에너지 (TC/TOE)	
	1990	2010	1990	2010	1990	2010
USA	5.31	5.99	0.31	0.25	0.73	0.73
JPN	2.45	2.92	0.19	0.14	0.73	0.73
EEC	2.43	2.73	0.32	0.24	0.72	0.74
OOE	2.32	2.58	0.37	0.28	0.65	0.71
EEX	0.64	0.73	0.39	0.33	0.74	0.77
CHN	0.57	1.15	1.03	0.96	0.92	0.92
FSU	3.27	3.31	1.44	0.99	0.72	0.70
IND	0.21	0.34	0.70	0.59	0.87	0.84
EET	2.64	3.14	1.16	0.95	0.84	0.84
KOR	1.53	3.37	0.55	0.53	0.86	0.83
DAE	0.56	0.80	0.32	0.23	0.78	0.81
BRA	0.63	0.77	0.40	0.32	0.69	0.69
ROW	0.37	0.48	0.46	0.40	0.78	0.79
Annex 1	3.22	3.62	0.39	0.29	0.73	0.73
Other	0.47	0.72	0.54	0.50	0.82	0.83
전세계	1.12	1.29	0.43	0.36	0.75	0.77

2. 저감정책과 시나리오

본 연구에서 채택한 온실가스 저감수단으로는 개별탄소세를 통한 개별이행과 배출권거래제를 통한 공동이행을 들 수 있다. 개별이행은 온실가스 감축 노력에 참여한 국가들이 개별탄소세를 부과하여 배출허용량을 각기 달성하는 방법을 의미한다. 반면 배출권거래제는 톤당 저감비용이 저렴한 지역에서 더 많은 온실가스를 감축하고 상대적으로 톤당 저감비용이 비싼 지역에서는 적게 감축하여 거래를 통해 지역 전체의 저감목표량을 달성하는 방법이다. 따라서 배출권거래제는 거래를 통해 감축 노력에 참여한 모든 지역의 한계저감비용이 동일하게 함으로써 참여지역 전체의 비용을 최소화하는 방법이라 할 수 있다. 본 모형에서는 배출권은 정부끼리 거래를 하며 배출권을 판매한 정부는 정부지출을 증가시키는 반면 구매한 정부는 지출을 줄인다고 가정하였다.

부속서 I 국가들이 교토의정서에서 합의한 감축의무를 개별 또는 배출권거래제를 통해 이행할 때 우리의 참여율에 따라 시나리오를 다음과 같이 설정하였다.

시나리오 1: 한국이 온실가스 감축노력에 참여하지 않는 경우

시나리오 2: 2000년부터 한국의 감축 목표량이 BAU 대비 20%인 경우

시나리오 3: 2000년부터 한국의 감축 목표량이 BAU 대비 40%인 경우

이에 상응하는 우리나라의 저감 목표량과 배출허용량은 <표 5>에 나타나 있다. 시나리오 1은 우리나라가 참여하지 않기 때문에 모든 연도의 배출허용량은 BAU와 동일하다. 시나리오 2에서는 BAU 대비 20%를 감축하는 안으로서 2010년도의 저감목표량은 3,310만 TC에 달한다. 따라서 2010년도의 배출허용량은 BAU 배출량에서 저감목표량만큼 줄어든 1억 3,230만 TC가 된다. 시나리오 3에서와 같이 2010년에 BAU 대비 40% 감축할 경우 약 6,620만 TC를 저감해야 한다. 다시 말해서 우리가 2010년에 배출할 수 있는 온실가스량은 약 9,930만 TC로 국한된다는 것을 의미한다.

교토의정서에서 합의한 부속서 I 국가들의 감축량과 비교하기 위해서 1990년도 온실가스 배출량에 대비하여 증감률로 살펴보자. <표 3>에서 보듯이 우리나라의 이산화탄소 배출량은 1990년에 약 6,500만 TC에 달하던 것이 비약적으로 증가하여 2010년에는 1억 6,500만 TC에 달할 것으로 예측된다. 따라서 1990년도 배출수준을 100으로 할 때 2010년도 온실가스 배출한도는 203(시나리오 2)과 152(시나리오 3)가 된다. 즉 우리나라는 2010년도에 1990년 배출수준 대비 온실가스를 약 100%

<표 5> 시나리오별 감축량과 허용량

(단위: 백만 TC)

		2000	2005	2010	2015	2020
시나리오 1: BAU 대비 0%	감축량	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
	허용량	118.9	145.8	165.4	184.6	203.9
시나리오 2: BAU 대비 20%	감축량	23.8	29.2	33.1	36.9	40.8
	허용량	95.1	116.6	132.3	147.7	163.1
시나리오 3: BAU 대비 40%	감축량	47.5	58.3	66.2	73.8	81.6
	허용량	71.3	87.5	99.3	110.8	122.3

와 50%를 증가시킬 수 있음을 의미한다.²¹⁾

모든 시나리오에서 제 1 차 회계연도(2010년)의 목표량을 한 번에 달성할 때 나타날 수 있는 과도한 경제적 부담 집중 현상을 피하기 위해 한국을 제외한 부속서 I 국가들은 <표 6>에 나타난 바와 같이 점차적으로 온실가스를 줄여 가는 과도기를 갖는다고 가정하였다.²²⁾ 2010년 이후의 부속서 I 국가의 저감목표는 2010년과 동일하다고 가정하였다.

<표 6> 부속서 I 국가의 배출한도계획 및 배출목표 (1990 = 100%)

국 가	2000년	2005년	2010년(교토의정서)
USA	102.0	98.0	93.0
JPN	98.0	96.0	94.0
EEC	98.0	96.0	92.0
OOE	105.0	101.0	97.0
FSU	64.7	87.1	100.0
EET	71.7	91.8	93.0

3. 개별이행시 파급효과

(1) 개별탄소세를 통한 개별이행

<표 7>에서와 같이 우리나라가 자발적 참여를 하지 않는 시나리오 1의 경우 2010년에 톤당 저감비용은 일본(JPN)이 373\$/TC로 가장 높게 나타나고 있으며, 다음

21) 선진국과 달리 개도국의 이산화탄소 배출량은 빠른 경제성장과 더불어 급속히 증가하기 때문에 부속서 I 국가들과 같이 1990년 대비 저감량을 설정하는 것은 현실적으로 불가능해 보인다. 더욱이 개도국은 온실가스 배출에 대한 역사적인 책임을 들어 저감노력에 동참하는 것 자체를 강력히 반대하고 있는 실정이다. 따라서 우리나라가 온실가스 감축 노력에 참여한다면 2010년도 기준 시나리오 배출량 대비 일정량을 감축하거나 아르헨티나에서 제시한 바와 같이 GDP와 연계한 새로운 공식에 따라 감축량이 설정될 것으로 판단된다. 시나리오를 2010년도 이후의 BAU 배출량 대비 소폭 감축(5% 또는 10%)하는 것으로 설정할 경우에는 온실가스 저감에 따른 파급효과가 매우 약하게 나타나기 때문에 저감정책별 차이점을 구분하기가 어려울 수 있다. 따라서 저감정책별 파급효과의 차이점을 분명하게 보여주기 위해서 본 연구에서는 시나리오를 BAU 대비 20%와 40%를 감축하는 것으로 설정하였다.

22) 이는 Burniaux, Martin, Nicoletti, and Martins(1998)의 가정에 따른 것이다.

〈표 7〉 개별 이행시 톤당 저감비용

(단위: '85 US \$)

		USA	JPN	EEC	OOE	FSU	EET	KOR
시나리오 1: BAU 대비 0%	2000	45.2	53.6	46.5	25.4	0.6	2.0	0.0
	2010	189.3	373.0	223.0	140.2	5.2	27.1	0.0
	2020	309.1	563.6	338.9	226.8	30.6	64.2	0.0
시나리오 2: BAU 대비 20%	2000	45.8	57.5	47.5	26.8	0.7	2.2	48.4
	2010	189.6	378.5	224.0	141.6	5.3	27.3	71.4
	2020	310.3	572.3	340.9	228.7	30.7	64.6	76.1
시나리오 3: BAU 대비 40%	2000	46.3	60.6	48.4	27.7	0.7	2.2	131.0
	2010	190.0	381.6	224.9	142.4	5.3	27.4	175.6
	2020	311.0	575.5	342.1	229.7	30.7	64.8	180.0

으로 유럽공동체(EEC)가 223\$/TC, 미국(USA)이 189.3\$/TC, 동유럽(EET)이 27.1\$/TC, 구 소련(FSU)이 5.2\$/TC의 순으로 나타나고 있다. 지역별 톤당 저감비용의 차이는 저감량, 현행 에너지가격, 석탄과 같은 비청정연료의 사용 비중 등 지역별 경제 특성으로 인해 발생한다.²³⁾

우리나라가 온실가스 감축노력에 참여하여 BAU 대비 20%를 감축하는 시나리오 2에서는 톤당 저감비용이 71.4\$/TC로서 구 소련(FSU)과 동유럽(EET)을 제외하고 가장 저렴하게 나타나고 있다. 감축목표량이 BAU 대비 40%로 증가하는 경우는 톤당 저감비용이 175.6\$/TC로 대폭 증가하게 된다.

우리나라가 온실가스 감축을 이행하는 경우 전반적으로 OECD 국가들의 톤당 저감비용을 상승시키는 결과를 가져온다. 우리나라가 참여하지 않는 시나리오 1과 비교하여 시나리오 2에서 일본이 약 5.5\$/TC 상승할 것으로 예측되며 시나리오 3에서는 일본의 톤당 저감비용은 8.6\$/TC 증가하여 381.6\$/TC를 기록하고 있으며 기타 OECD 국가(OOE)는 2.2\$/TC 증가하여 142.4\$/TC, 유럽공동체(EEC)는 1.9\$/TC 증가하여 224.9\$/TC에 달할 전망이다. 이는 한국의 저감목표 달성은 한국의 에너지 다소비제품의 가격을 상승시키게 되며 이는 부속서 I 국가의 생산비용 상승으로 이어지기 때문이다.

부속서 I 국가들이 개별탄소세를 통한 개별이행시 각 지역의 GDP 변화와 에너지

23) 지역별 저감비용의 차이가 발생하는 이유는 Bernstein 외 2명(1999)에 자세히 설명되어 있다.

소비 변화는 <표 8>에 나타나 있다. 저감목표를 달성하기 위해 탄소세를 부과하는 부속서 I 국가들보다 에너지수출국들이 오히려 더 많은 GDP 손실을 보고 있다. 이는 부속서 I 국가들이 대폭적으로 에너지소비를 줄이기 때문이다.

부속서 I 국가들의 에너지소비 감소는 세계 에너지가격을 하락시키기 때문에 비부속서 I 국가들은 상대적으로 저렴한 가격으로 에너지를 소비할 수 있게 된다. 반면 부속서 I 국가들은 탄소세 도입으로 국내 에너지가격은 상승하고 이로 인한 에너지 다소비업종의 제품가격 또한 상승하는 파급효과에 직면하게 될 것이다. 따라서 탄소세 도입은 부속서 I 국가의 가격경쟁력을 급격히 악화시키는 반면 비부속서 국가의 가격경쟁력을 향상시키는 결과를 가져온다. 따라서 비부속서 국가들의 수출은 증가하고 수입은 감소하게 될 것이다. 이를 부속서 I 국가들의 탄소세 도입으로 발생하는 가격효과라 할 수 있다.

그러나 탄소세 도입으로 인해 부속서 I 국가의 소득은 감소하고 이로 인해 수입이 감소하는 소득효과가 또한 발생한다. 따라서 가격효과로 증가된 비부속서 I 국가의 수출은 소득효과에 의해 어느 정도 상쇄될 것이다. 결국 가격효과와 소득효과 크기에 따라 비부속서 I 국가들의 GDP의 증감이 결정된다. 이로 인해 시나리오 1의 경우에서 보듯이 부속서 I 국가들의 개별탄소세 도입은 한국과 중국의 2010년도 GDP는 BAU 대비 0.97%와 0.19%씩 증가하는 결과를 가져온다.

한국이 온실가스 감축 이행에 참여하지 않는 경우에 비해 온실가스 감축에 참여하게 되면 한국의 GDP는 대폭 하락하는 부정적인 결과를 가져올 것으로 예측이 된다. 이는 부속서 I 국가들의 온실가스 감축으로 인해 누려오던 가격경쟁력은 온실가스 감축비용 상승효과에 의해 상쇄되기 때문이다. <표 8>에서 보듯이 부속서 I 국가만이 감축을 이행하는 경우 한국은 2010년에 0.97%의 GDP 상승효과를 기대할 수 있으나 이에 비해 BAU 대비 20%의 온실가스를 감축하는 경우 한국의 GDP는 0.95%포인트 하락하여 BAU 대비 0.02% 증가에 그칠 것으로 예측된다. 만약 BAU 대비 40%의 온실가스를 감축하는 경우 2010년의 GDP는 2.46%포인트 하락하여 BAU 대비 1.49% GDP 손실이 발생할 전망이다. 그러나 한국의 참여는 전반적으로 부속서 I 국가의 GDP에는 미미한 영향을 미치고 있다.

〈표 8〉 개별 이행시 BAU 대비 GDP 변화율

(단위: %)

		USA	JPN	EEC	OOE	EEX	CHN	FSU	KOR
시나리오 1	2000	-0.08	-0.09	-0.19	-0.34	-1.42	0.06	-0.04	0.20
	2010	-0.55	-0.93	-0.84	-1.34	-2.07	0.19	-0.30	0.97
	2020	-1.02	-2.26	-1.50	-2.13	-2.03	0.22	-0.41	1.43
시나리오 2	2000	-0.08	-0.10	-0.19	-0.35	-1.42	0.07	-0.05	-0.49
	2010	-0.54	-0.95	-0.84	-1.35	-2.06	0.19	-0.29	0.02
	2020	-1.03	-2.31	-1.52	-2.13	-2.02	0.23	-0.39	0.46
시나리오 3	2000	-0.08	-0.10	-0.19	-0.35	-1.41	0.07	-0.05	-1.86
	2010	-0.54	-0.96	-0.84	-1.36	-2.04	0.20	-0.28	-1.49
	2020	-1.03	-2.34	-1.53	-2.14	-2.00	0.23	-0.37	-0.99

4. 국제배출권거래시 파급효과

다음은 한국과 부속서 I 국가들이 국제배출권거래제를 활용하여 온실가스 감축을 이행하는 경우의 파급효과를 살펴보았다. 한국이 자발적 참여를 하지 않는 시나리오 1의 경우 배출권 거래 가격은 2010년에 85.3\$/TC, 2015년에 119.8\$/TC, 2020년에 156.4\$/TC로 추정된다.

〈표 9〉에 나타난 바와 같이 우리가 온실가스 감축에 참여하는 경우에는 우리의 감축량이 상대적으로 적은 시나리오 2에서 국제배출권거래가격은 2010년에 85.0\$/TC, 2015년에 115.9\$/TC, 2020년에 151.6\$/TC로 하락하는 반면 우리의 감축목표량이 상대적으로 많은 시나리오 3에서는 2010년에 89.1\$/TC, 2015년에 120.5\$/TC, 2020년에 158.7\$/TC로 증가할 것으로 추정된다.

우리나라의 참여율에 따라 국제배출권거래가격이 변하는 이유는 〈표 10〉에 나타난 거래내역을 살펴보면 쉽게 알 수 있다. 한국이 20%의 온실가스 배출 저감목표

〈표 9〉 배출권 거래가격

(단위: '85 US\$/TC)

	시나리오 1	시나리오 2	시나리오 3
2010	85.3	85.0	89.1
2015	119.8	115.9	120.5
2020	156.4	151.6	158.7

를 갖는 경우 한국은 약 1천만 TC를 2010년에 판매할 수 있을 것으로 전망된다. 이는 한국이 참여함으로써 배출권공급량이 증가함을 의미한다. 따라서 <표 9>에서 보듯이 한국이 상대적으로 적은 감축목표량을 갖는 시나리오 2에서의 배출권거래가격이 시나리오 1보다 낮게 나타나고 있다. 또한 가격이 하락함에 따라 배출권 구매 국가들의 구매량은 시나리오 1에 비해 약간씩 증가하는 반면 구 소련과 동유럽의 판매량은 감소하고 있음을 알 수 있다. 그러나 한국의 저감목표가 40%로 증가하게 되면 한국은 배출권 구매 국가가 되어 2010년에 약 2,100만 TC를 구매하게 된다. 따라서 배출권에 대한 수요의 증가로 시나리오 2와는 반대로 국제배출권가격은 상승한다. 이로 인해 미국을 비롯한 배출권 구매 국가들의 배출권구매량은 감소하는 반면 구 소련과 동유럽의 배출권판매량은 증가하게 된다.

이와 같이 개도국의 저감목표량이 높아지면 이들 국가의 온실가스 저감비용이 상승하게 되고 이는 국제배출권 거래가격이 상승하는 요인으로 작용하게 된다. 따라서 개도국의 높은 온실가스 저감의무는 배출권을 구매할 수밖에 없는 선진국에게 경제적 부담으로 작용될 가능성이 매우 높다.

국제배출권 참여시 한국의 GDP 변화는 여러 가지 상쇄효과에 의해 결정된다. 개별이행은 지역별 저감비용을 최소화하는 방법인 반면 배출권거래제는 온실가스 감축 참여지역 전체의 저감비용을 최소화하는 방법이다. 따라서 구 소련과 동유럽을 제외한 부속서 I 국가들의 GDP 손실은 개별이행보다는 배출권거래제 도입시 감

<표 10> 배출권거래제 참여지역의 2010년도 배출권 거래량

(단위: 백만 TC)

		USA	JPN	EEC	OOE	FSU	EET	KOR
시나리오 1	배출 허용량	1238	285	741	278	945	297	0
	실질 배출량	1468	360	870	301	577	215	180
	구매/판매량	230	75	129	23	-374	-84	0
시나리오 2	배출 허용량	1238	285	741	278	945	297	132
	실질 배출량	1473	362	873	302	579	215	123
	구매/판매량	235	77	131	24	-373	-83	-10
시나리오 3	배출 허용량	1238	285	741	278	945	297	99
	실질 배출량	1461	361	869	300	569	212	121
	구매/판매량	223	75	128	22	-382	-86	21

주: 구매/판매량에서 음의 부호는 판매량을, 양의 부호는 구매량을 나타냄.

배출권 구매와 판매량의 합이 영이 되지 않는 이유는 반올림과 연산시행상의 관용오차로 발생.

〈표 11〉 국제배출권거래제 참여시 BAU 대비 한국의 GDP 변화

(단위: %)

		개별이행	배출권거래제
시나리오 1	2010	0.97	0.50
	2015	1.41	0.85
	2020	1.43	0.94
시나리오 2	2010	0.02	-0.81
	2015	0.21	-1.21
	2020	0.46	-1.33
시나리오 3	2010	-1.49	-0.93
	2015	-1.91	-1.41
	2020	-0.99	-1.53

소하게 된다. 이는 우리의 상대적 가격경쟁력에는 불리하게 작용한다.

따라서 〈표 11〉의 시나리오 1에서 보듯이 부속서 I 국가들이 감축의무를 개별적으로 이행하는 것이 배출권거래제를 통해 이행하는 것보다 우리에게 유리하게 작용하고 있음을 알 수 있다. 그러나 시나리오 2에서와 같이 한국이 20%의 온실가스 감축목표를 갖고 참여하는 경우 부속서 I 국가들만이 온실가스를 감축할 때 누리던 상대적 가격경쟁력은 상당 폭 상쇄된다. 시나리오 1과 비교해서 시나리오 2에서는 개별이행시 2010년의 GDP는 BAU 대비 0.02%로 상승폭이 대폭 감소하고 있으며, 더욱이 배출권거래제에 참여하는 경우 GDP는 BAU에 대비하여 0.81%가 감소하고 있다.

저감목표량이 증가할수록 우리가 누릴 수 있었던 가격경쟁력은 소멸되어 가는 반면 감축비용은 대폭 증가되어 결국 경제성장이 둔화되는 결과를 가져온다. 감축목표량이 대폭 상승한 시나리오 3에서는 GDP 손실은 개별적으로 이행(1.49%)하는 것보다 오히려 배출권거래제를 활용하는 경우(0.93%)가 적게 나타나고 있다. 이는 개별이행시 저감목표량 상승에 따른 저감비용 상승효과가 국제경쟁력으로부터 얻을 수 있는 경제적 혜택보다 훨씬 크기 때문이다. 따라서 높은 저감비용으로 인해 경제성장이 대폭 둔화되는 경우에는 배출권거래제에 참여하여 저감비용이 저렴한 해외로부터 배출권을 구매함으로써 온실가스 저감으로 인한 경제적 부담을 완화할 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 정책제언

기후변화협약에 논의되는 지구온실가스 감축은 어느 한 국가의 문제라기보다는 범지구적 차원의 문제로서 모든 국가들의 공동의 노력을 요구하고 있다. 본 연구는 이러한 기후변화의 특징을 반영하면서 국제간의 관심사인 교토메커니즘을 분석하기에 적합한 다국가 다부문 연산 가능한 역동적 일반균형모형을 구축하였다. 이를 이용하여 교토의정서에서 합의된 온실가스 감축 의무를 부속서 I 국가들이 이행했을 경우 우리 경제에 미치는 파급효과를 분석하였다. 또한 자발적 참여시 우리의 감축 목표율에 따라 시나리오를 설정하고 감축수단별 파급효과를 살펴보았다.

부속서 I 국가의 저감정책 도입은 부속서 I 국가 내의 에너지가격을 상승시켜 에너지소비 감소를 유발하며 이는 결국 전세계의 에너지가격이 하락하는 결과를 초래한다. 따라서 한국과 같이 에너지 다소비 경제구조를 가진 개도국은 낮은 에너지가격으로 국제무역에서 가격경쟁력을 확보할 수 있으며 산업 전반에 걸쳐 경기가 활성화되는 계기가 될 수 있다. 더욱이 한국은 부속서 I 국가 중에서 주 무역상대국의 가격경쟁력이 악화될수록 반사적 이득을 볼 수 있다. 따라서 한국의 입장에서 볼 때 부속서 I 국가들의 개별이행이 배출권거래제보다 경제적으로 유리한 결과를 가져온다.

그러나 한국이 자발적 참여를 하는 경우에는 우리의 저감목표량에 따라 저감정책에 대한 우선순위가 달라진다. 부속서 I 국가들만의 감축의무 이행으로 인해 우리가 누릴 수 있었던 가격경쟁력은 한국의 감축목표량 이행으로 인한 경제적 손실에 의해 상당 폭 상쇄된다. 그러나 우리의 감축목표량이 적은 경우에는 모든 국가들의 개별이행으로 인한 상대적 가격경쟁력 향상효과가 온실가스 감축으로 인한 생산비용 증가효과보다 커서 배출권거래제보다는 개별이행이 경제적 측면에서 유리한 것으로 분석이 된다. 우리의 감축목표량이 대폭 상승하여 온실가스 저감비용이 매우 큰 경우에는 저감비용이 저렴한 해외로부터 배출권을 구매함으로써 저감비용을 줄일 수 있는 배출권거래제에 참여하는 것이 바람직하다.

또한 한국의 온실가스 저감목표량이 적은 경우에 우리의 톤당 저감비용이 국제배출권거래가격보다 낮아 우리가 배출권거래제에 참여하게 되면 국제배출권거래가격을 하락시키는 반면 우리의 저감목표량이 높은 경우에는 반대로 국제배출권거래가격을 상승시키게 된다. 따라서 우리가 높은 저감목표를 가지고 배출권거래제에 참

여하는 것은 구 소련과 동유럽을 제외한 부속서 I 국가들의 GDP 증가에 도움이 되지 않는 것으로 분석된다.

이러한 결과를 바탕으로 우리의 협상전략은 다음과 같이 정리할 수 있다. 우리 정부는 2018년 이후에 자발적 참여를 고려하겠다고 천명하고 있다. 정부의 발표대로 자발적 참여를 최대한 늦추고 온실가스 감축의무량을 최소화하는 것이 경제적 측면에서 우리에게 가장 바람직한 것은 사실이다. 그러나 선진국의 참여압력을 고려할 때 기후변화 협상이 언제 어떠한 모습으로 우리에게 현실화될지를 예측하고 대응방안을 마련하는 것은 매우 어려운 상황이다. 따라서 우리가 자발적 참여를 하는 경우와 하지 않는 경우로 나누어 협상전략을 정리하였다.

우리가 자발적 참여를 하지 않는 경우 부속서 I 국가 중에서 주 무역상대국의 가격경쟁력이 악화될수록 상대적으로 우리의 가격경쟁력은 강화될 수 있다. 따라서 기후변화협약에서 교토메커니즘 운영안에 대한 논의 가운데 가장 큰 쟁점 중의 하나인 부속서 I 국가가 타국에서 저감할 수 있는 온실가스량에 대한 한도(Ceiling)를 정하자는 문제에 대한 한국의 입장은 EU가 주장하는 바와 같이 해외사업이 국내저감노력의 보조적 수단이어야 한다는 데 동의할 필요가 있다. 그러나 이러한 입장은 우리가 온실가스 저감의무가 없거나 저감목표량이 매우 낮은 경우에 국한된 협상전략임을 명심해야 한다.

선진국의 압력으로 온실가스 감축노력에 불가피하게 참여해야 한다면 우리의 저감목표량이 낮은 수준에서 타결되도록 노력해야 할 것이다. 앞서도 언급하였듯이 한국의 저감목표량이 많은 경우에는 한국의 참여는 국제배출권 거래가격을 상승시켜 선진국의 GDP 증가에도 도움이 되지 않는다는 점을 강조할 필요가 있다. 우리의 저감목표량이 많아 저감비용이 매우 높아지는 경우에는 개별적으로 배출허용량을 준수하는 것보다 타 지역과 공동으로 이행하는 것이 한국의 경제적 손실을 최소화하는 방법이 될 수 있을 것이다. 그러나 지금까지의 기후변화협상을 살펴볼 때 CDM을 제외하고는 비부속서 I 국가인 한국으로서는 타 지역과 공동으로 이행할 방법이 없는 상태이다. 따라서 우리가 자발적 참여를 하는 경우에는 우리도 선진국과 동등한 조건으로 교토메커니즘을 이용할 수 있게끔 협상력을 동원해야 할 것이다.

■ 참고 문헌

1. 강성진, 『에너지-경제-환경시스템의 모형화에 관한 연구』, 연구보고서 99-12, 에너지경제연구원, 1999.
2. 관세청, 『무역통계연보』, 1985, 1990, 1995.
3. 김성현·김영덕·조경엽, “국제유가상승이 국민경제에 미치는 영향,” 『국제통상연구』, 제4권 제1호, 1999, pp. 293~314.
4. 손양훈·신동천, “환율변동이 에너지산업에 미치는 영향,” 『경제학연구』, 제45집 제1호, 한국경제학회, 1997, pp. 123~139.
5. 에너지경제연구원, 『기후변화협약 대응 실천계획 수립을 위한 연구, 제2차년도』, 1998a.
6. ———, 『에너지통계연보』, 1998b.
7. 조경엽, 『Top-Down 모형 구축을 위한 연구: 교토메카니즘 분석을 위한 Global CGE 모형 개발』, 민간출연연구보고서 99-10, 에너지경제연구원, 1999.
8. 조경엽·권태규, 『한국의 지구온실가스 배출과 저감정책 도입방안 연구: 연산가능한 일반균형(CGЕ)모형을 이용한 실증분석』, 정책연구자료 99-1, 에너지경제연구원, 1999.
9. 통계청, 『국제통계연감』, 1996, 1998.
10. ———, 『한국통계연감』, 1997.
11. 한국은행, 『산업연관표 1970~1995』, 1998.
12. Armington, P., “A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production,” *IMF Staff Papers* 16, 1969, pp. 159~178.
13. Bernstein, P., D. Montgomery, and T. Rutherford, “Global Impacts of Kyoto Agreement: Results from the MS-MRT Model,” *Resource and Energy Economics*, 21, 1999, pp. 375~413.
14. Burniaux, J., J. Martin, G. Nicoletti, and J. O. Martins, “A Multi-Sector, Multi-Region General Equilibrium Model for Quantifying the Costs of Curbing CO₂ Emission: A Technical Manual,” *OECD Working Papers* 116, 1992.
15. ———, “The Cost of Reducing CO₂ Emissions: Evidence from GREEN,” *OECD Working Papers* 115, 1998.
16. *Economic Equilibrium Modeling with GAMS: An Introduction to GAMS/MCP and GAMS/MPSGE*, GAMS Development Corporation Press, 1998.
17. Fullerton, D. and D. Rogers, *Who Bears the Lifetime Tax Burden?*, Brookings Institute Press, 1993.
18. *GREEN: The Technical Reference Manual*, OECD Press, 1993.
19. *GREEN: The User Manual*, OECD Press, 1993.
20. Manne, A. S., *Modeling Energy-Economy Interactions: Five Approaches*, edited by C. J. Hitch, Washington, D. C.: Resources for the Future Press, 1997.
21. Manne, A. S. and R. G. Richels, *Buying Greenhouse Insurance — The Economic Cost of Carbon Dioxide Emission Limits*, Cambridge: MIT press, 1992.
22. Rutherford, T. F., *The GAMS/MPSGE and GAMS/MILES User Notes*, Washington, D. C.: GAMS Development Corporation, 1994.

23. Shoven, J. B. and J. Whally, *Applied General Equilibrium Model*, Cambridge University Press, 1992.
24. Yang, Z., R. S. Eckaus, A. D. Ellerman, and H. D. Jacoby, "The MIT Emissions Prediction and Policy Analysis (EPPA) Model," *MIT Report* No. 6, 1996.

Food&Bever	Energy	Trnsp	Other	Labour	Capital	Fx/c	Prodix	Distort	HH	Govt	Invest	Sibid	Deprec	Export	Row	Total
4319			591							13	176	452		633		16449
										1		61				719
																0
																0
	64	154								201		-197		965		7974
	981		2157							94		-514		27		5009
12115	869	5067	25922							229	-132			3455		29532
113			23							1891	24785	1154		26056		147460
										0	7	-37				2786
												66				875
												-199				5671
	48									164		8				0
																1258
										16		-13				0
274		69	95							704	3871	87				6502
																15406
																16822
																1963
																5290
																29426
																32700
																35254
																8463
																8435
																-164
																85712
																12444
																31958
																867
																8796
																31136
																8796
																32507
16822	1963	5290	29426	32700	35254	8463	8435	-164	85712	12444	31958	867	8796	31136	32507	

〈부록 2〉 외생변수 및 모수값

〈부표 2〉 지역별 초기 저축률(s_0)과 초기 노동생산성 증가율(g_0)

지 역	초기 저축률	연간 감가상각률 (δ)	초기 노동생산성 증가율(%)	초기연도의 인구 (백만 명)	신기술비용계수 ($c_{b,i}$)	
					진 력	석유제품
USA	0.11	0.048	2.00	239.279	1.540	1.4
JPN	0.23	0.059	2.50	120.837	1.209	0
EEC	0.23	0.037	2.00	321.902	1.517	0
OOE	0.23	0.048	2.00	118.435	2.631	1.4
EEX	0.28	0.035	1.50	655.067	1.904	1.4
CHN	0.28	0.029	6.00	1040.264	7.723	0
FSU	0.32	0.069	3.00	277.537	12.452	0
IND	0.13	0.032	5.00	750.859	4.360	0
EET	0.28	0.040	2.50	118.160	3.775	0
KOR	0.28	0.035	5.50	40.467	1.727	0
DAE	0.22	0.031	5.50	133.962	1.727	0
BRA	0.13	0.034	3.00	135.564	3.614	0
ROW	0.13	0.032	2.10	869.011	1.877	0

자료: EPPA 모형; 한국통계연감; 국제통계연감.

〈부표 3〉 인구증가율

(단위: %)

	초기인구 (백만)	1985~ 1990	1990~ 1995	1995~ 2000	2000~ 2005	2005~ 2010	2010~ 2015	2015~ 2020
USA	239	0.9	1.0	0.9	0.7	0.7	0.5	0.5
JPN	121	0.5	0.3	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0
EEC	322	0.6	0.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0
OOE	118	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.6	0.6
EEX	655	3.4	3.2	2.0	1.9	1.6	1.3	1.5
CHN	1040	1.6	1.4	1.0	0.7	0.6	0.6	0.6
FSU	278	0.8	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
IND	751	2.1	2.2	1.7	1.4	1.0	1.0	1.0
EET	118	0.5	-0.7	-0.2	-0.1	-0.1	0.0	0.0
KOR	40	1.0	1.0	0.7	0.6	0.6	0.4	0.3
DAE	134	2.1	2.1	1.3	1.0	0.8	0.6	0.6
BRA	136	1.8	1.7	1.2	1.2	1.2	1.0	1.0
ROW	869	1.7	1.5	1.5	1.5	1.5	1.2	1.2
Annes I	1196	0.7	0.5	0.4	0.2	0.3	0.2	0.2
Other	3625	2.1	2.0	1.5	1.3	1.1	1.0	1.0
전세계	4821	1.7	1.6	1.2	1.1	1.0	0.8	0.9

자료: 국제통계연감; GREEN.

〈부표 4〉 GDP 증가율 (g_0)

	초기 GDP	1985~ 1990	1990~ 1995	1995~ 2000	2000~ 2005	2005~ 2010	2010~ 2015	2015~ 2020
USA	3693	3.2	3.2	2.5	2.3	2.3	2.3	2.3
JPN	1266	4.7	3.0	2.1	2.2	2.2	2.2	2.2
EEC	2178	3.1	3.1	2.0	2.3	2.3	2.3	2.3
OOE	708	4.0	4.0	2.5	2.3	2.3	2.3	2.3
EEX	1040	4.0	4.2	4.0	4.2	4.2	4.2	4.2
CHN	441	7.9	8.3	6.3	3.4	3.4	3.4	3.4
FSU	567	5.2	-1.5	1.0	4.7	4.7	4.7	4.7
IND	182	7.0	6.1	6.1	4.2	4.2	4.2	4.2
EET	237	3.0	-3.3	1.5	4.4	4.4	4.4	4.4
KOR	76	10.0	7.5	5.5	6.0	6.0	5.5	4.5
DAE	185	6.6	6.6	6.6	4.2	4.2	4.2	4.2
BRA	186	4.2	4.2	3.0	4.2	4.2	4.2	4.2
ROW	614	4.3	4.3	3.0	4.2	4.2	4.2	4.2
Annes I	8649	3.2	2.7	2.2	2.5	2.4	2.3	2.2
Other	2725	5.2	4.9	4.1	3.8	3.6	3.5	3.3
전세계	11374	3.7	3.3	2.8	2.9	2.8	2.7	2.6

주: 한국을 제외한 지역의 GDP 증가율은 EPPA 모형과, Burniaux, Martin, Nicoletti, and Martins (1998)에 기초하여 추정하였으며, 한국의 경제성장률은 본 에너지경제연구원(1998)에서 추정하는 이산화탄소 배출 전망치와 본 연구에서 추정되는 전망치가 유사한 수준에 도달하게 해주는 GDP 증가율을 선택하였다.

〈부표 5〉 에너지원별 배출계수 (ϵ_e)

에너지원	배출계수 (백만 TC/exajoule)
석 탄	24.686
원 유	0.000
천연가스	13.473
석탄제품	20.730
전 력	0.000

주: 원유가 석유제품으로 전환되지 않고 연료로 사용된다면 원유의 배출계수는 20.730 백만 TC/exajoule 이나 대부분의 원유가 석유제품으로 전환되기 때문에 배출계수를 0으로 산정하였다.

자료: EPPA.

〈부표 6〉 지역별 에너지환산계수 (TJ_e)

(단위: 백만 85 US\$당 Exajoule)

지 역	석 탄	천연가스	석유제품
USA	0.77392863	0.35049142	0.14478117
JPN	0.18333706	0.20264218	0.11774523
EEC	0.44055759	0.21657994	0.12084787
OOE	0.87697120	0.36637941	0.13963108
EEX	1.09960583	0.34825090	0.13934171
CHN	1.56175400	0.31063511	0.13201714
FSU	1.59455539	2.36671885	1.18697639
IND	1.20249187	0.55303922	0.16871833
EET	1.17001266	0.64022308	0.13810134
KOR	0.58585320	0.06351275	0.11617289
DAE	0.46830608	0.20418787	0.09398377
BRA	0.30533072	0.47145186	0.12541675
ROW	1.26048079	0.14891489	0.10603939

자료: EPPA 모형; 에너지통계연보.

〈부록 3〉 대체탄력성

〈부표 7〉 생산부문의 노동과 KEF의 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
JPN	1.01	0.20	0.20	0.20	0.30	0.20	1.01	1.01
EEC	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
OOE	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
EEX	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
CHN	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
FSU	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
IND	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
EET	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
KOR	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
DAE	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
BRA	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01
ROW	1.01	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	1.01	1.01

〈부표 8〉 생산부문의 에너지와 KF의 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
JPN	0.8	0.1	0.1	0.1	0.3	0.8	0.8	0.8
EEC	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
OOE	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
EEX	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
CHN	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
FSU	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
IND	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
EET	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
KOR	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
DAE	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
BRA	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8
ROW	0.8	0.1	0.1	0.1	0.1	0.8	0.8	0.8

〈부표 9〉 생산부문의 전력과 비전력의 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
JPN	2.0	0.5	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
EEC	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
OOE	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
EEX	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
CHN	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
FSU	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
IND	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
EET	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
KOR	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
DAE	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
BRA	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0
ROW	2.0	0.5	0.2	0.2	0.1	2.0	2.0	2.0

〈부표 10〉 생산부문의 석탄과 석유·가스의 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
JPN	2.0	0.2	0.2	0.2	0.3	2.0	2.0	2.0
EEC	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
OOE	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
EEX	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
CHN	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
FSU	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
IND	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
EET	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
KOR	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
DAE	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
BRA	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
ROW	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0

〈부표 11〉 생산부문의 원유, 석유제품, 천연가스의 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
JPN	2.0	0.2	0.2	0.2	0.3	2.0	2.0	2.0
EEC	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
OOE	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
EEX	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
CHN	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
FSU	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
IND	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
EET	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
KOR	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
DAE	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
BRA	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0
ROW	2.0	0.2	0.2	0.2	0.2	2.0	2.0	2.0

〈부표 12〉 생산부문의 자본과 고정투입요소의 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
JPN	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
EEC	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
OOE	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0
EEX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
CHN	0.3	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
FSU	0.5	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
IND	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
EET	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
KOR	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
DAE	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
BRA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0
ROW	0.2	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.0

〈부표 13〉 소비부문의 전력과 비전력의 대체탄력성

	FoodBev	Energy	TrnspComm	Other
USA	1.2	1.2	1.2	1.2
JPN	1.2	1.2	1.2	1.2
EEC	1.2	1.2	1.2	1.2
OOE	1.2	1.2	1.2	1.2
EEX	1.2	1.2	1.2	1.2
CHN	1.2	1.2	1.2	1.2
FSU	1.2	1.2	1.2	1.2
IND	1.2	1.2	1.2	1.2
EET	1.2	1.2	1.2	1.2
KOR	1.2	1.2	1.2	1.2
DAE	1.2	1.2	1.2	1.2
BRA	1.2	1.2	1.2	1.2
ROW	1.2	1.2	1.2	1.2

〈부표 14〉 소비부문의 석탄과 석유·가스의 대체탄력성

	FoodBev	Energy	TrnspComm	Other
USA	1.2	1.2	1.2	1.2
JPN	1.2	1.2	1.2	1.2
EEC	1.2	1.2	1.2	1.2
OOE	1.2	1.2	1.2	1.2
EEX	1.2	1.2	1.2	1.2
CHN	1.2	1.2	1.2	1.2
FSU	1.2	1.2	1.2	1.2
IND	1.2	1.2	1.2	1.2
EET	1.2	1.2	1.2	1.2
KOR	1.2	1.2	1.2	1.2
DAE	1.2	1.2	1.2	1.2
BRA	1.2	1.2	1.2	1.2
ROW	1.2	1.2	1.2	1.2

〈부표 15〉 소비부문의 원유, 석유제품, 천연가스의 대체탄력성

	FoodBev	Energy	TrnspComm	Other
USA	1.2	1.2	1.2	1.2
JPN	1.2	1.2	1.2	1.2
EEC	1.2	1.2	1.2	1.2
OOE	1.2	1.2	1.2	1.2
EEX	1.2	1.2	1.2	1.2
CHN	1.2	1.2	1.2	1.2
FSU	1.2	1.2	1.2	1.2
IND	1.2	1.2	1.2	1.2
EET	1.2	1.2	1.2	1.2
KOR	1.2	1.2	1.2	1.2
DAE	1.2	1.2	1.2	1.2
BRA	1.2	1.2	1.2	1.2
ROW	1.2	1.2	1.2	1.2

〈부표 16〉 정부, 투자 및 비축부문의 대체탄력성

	정 부				투 자 및 비 축	
	전력/ 비전력	석탄/ 석유 가스	원유, 석유제품, 가스	전력/ 비전력	석탄/ 석유 가스	원유, 석유제품, 가스
USA	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
JPN	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
EEC	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
OOE	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
EEX	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
CHN	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
FSU	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
IND	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
EET	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
KOR	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
DAE	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
BRA	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2
ROW	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2	1.2

〈부표 17〉계속

[illegible]

〈부표 17〉계속

[illegible]

〈부표 18〉 소비부문의 첫 단계(국내재와 수입재) 아킴톤 대체탄력성

	Agric. FoodBev	Agric. Energy	Agric. TrnspComm	Agric. Other	Coal. FoodBev	Coal. Energy	Coal. TrnspComm	Coal. Other	Oil. FoodBev	Oil. Energy	Oil. TrnspComm	Oil. Other	Gas. FoodBev	Gas. Energy	Gas. TrnspComm	Gas. Other
USA	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
JPN	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
EEC	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
OOE	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
EEX	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
CHN	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
FSU	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
IND	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
EET	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
KOR	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
DAE	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
BRA	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
ROW	2.3	2.3	2.3	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8

〈부표 18〉 계속

+	RefOil. FoodBev	RefOil. Energy	RefOil. TrnspComm	RefOil. Other	Elec. FoodBev	Elec. Energy	Elec. TrnspComm	Elec. Other	EnerInt. FoodBev	EnerInt. Energy	OtherInd. TrnspComm	EnerInt. Other	OtherInd. FoodBev	OtherInd. Energy	OtherInd. TrnspComm	OtherInd. Other
USA	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
JPN	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
EEC	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
OOE	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
EEX	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
CHN	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
FSU	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
IND	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
EET	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
KOR	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
DAE	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
BRA	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2
ROW	1.9	1.9	1.9	1.9	0.3	0.3	0.3	0.3	2	2	2	2	2	2	2	2

〈부표 19〉 정부부문의 첫 단계 아밍톤 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
JPN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
EEC	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
OOE	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
EEX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
CHN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
FSU	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
IND	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
EET	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
KOR	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
DAE	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
BRA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
ROW	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5

〈부표 20〉 투자부문의 첫 단계 아밍톤 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
JPN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
EEC	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
OOE	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
EEX	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
CHN	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
FSU	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
IND	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
EET	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
KOR	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
DAE	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
BRA	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5
ROW	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.5

〈부표 21〉 비축부문의 첫 단계 아밍톤 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	0	0	0	0	0	0	0	0
JPN	0	0	0	0	0	0	0	0
EEC	0	0	0	0	0	0	0	0
OOE	0	0	0	0	0	0	0	0
EEX	0	0	0	0	0	0	0	0
CHN	0	0	0	0	0	0	0	0
FSU	0	0	0	0	0	0	0	0
IND	0	0	0	0	0	0	0	0
EET	0	0	0	0	0	0	0	0
KOR	0	0	0	0	0	0	0	0
DAE	0	0	0	0	0	0	0	0
BRA	0	0	0	0	0	0	0	0
ROW	0	0	0	0	0	0	0	0

〈부표 22〉 지역별 수입재화간의 아밍톤 대체탄력성

	Agric	Coal	Oil	Gas	RefOil.	Elec.	EnerInt.	OtherInd.
USA	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
JPN	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
EEC	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
OOE	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
EEX	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
CHN	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
FSU	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
IND	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
EET	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
KOR	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
DAE	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
BRA	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0
ROW	2.3	2.8	2.8	2.8	2.8	0.5	3.0	3.0