

규모의 경제와 탄소세의 경제적 효과: CGE모형을 이용한 분석*

신 동 천**

〈차 례〉

- | | |
|----------|----------------|
| I. 서론 | III. 분석 결과의 비교 |
| II. 분석모형 | IV. 요약 및 결론 |

I. 서론

세계적으로 기상이변현상이 잦아지면서 경제성장에 따른 지구온난화 문제가 학자들 뿐만 아니라 일반대중들 사이에서도 중요한 관심사로 대두되고 있다. 연료사용 증가가 초래하는 온실가스 배출량 증대는 지구환경을 파괴하고 궁극적으로는 인류의 생존에 위협이 되는 중대한 문제라는 인식 아래서 이 문제에 대

* 이 논문은 1999년도 한국학술진흥재단의 연구비에 의하여 연구되었음(KRF-1999-041-C00237).

** 연세대학교 경제학과 교수.

하여 전세계 국가들이 공동으로 대처하기 위한 기후변화협약(Framework Convention on Climate Change)이 1992년에 이루어졌다. 그 이후 여러 차례의 당사국회의를 통하여 온실가스 배출저감을 위한 다양한 정책수단들이 논의되고 도입되었다.

온실가스 배출저감을 위한 정책으로 탄소세와 같은 조세수단뿐만 아니라 공동이행(joint implementation), 청정개발기구(clean development mechanism), 배출권거래(emission trade) 등, 국제적 협조가 요구되는 여러 가지 수단이 제의되었으나 가장 많은 논의와 연구의 대상이 되었던 정책은 역시 탄소세라고 할 수 있다. 이산화탄소 배출저감을 위한 탄소세의 효과를 분석하는 모형들은 대부분 이산화탄소 배출량의 일정한 저감목표를 달성하기 위한 종량세(specific tax)로서 탄소세를 계산하거나 특정 금액의 탄소세가 국내총생산과 산업구조 혹은 수출입에 미치는 효과 등을 계산하는 것들이다. 모형에 따라 탄소세와 함께 다른 저감수단, 예를 들어 배출권 거래제도를 병행하여 사용하는 것이 이산화탄소 배출저감비용에 미치는 효과를 분석하는 것들도 있다.

화석연료와 에너지가 산업생산의 중요한 중간투입재로 사용되기 때문에 탄소세 부과는 생산과 산업구조에 큰 영향을 주고 국내총생산을 감소시키며 경제 전체에 큰 파급효과를 낳는다. 이산화탄소 배출저감 목표를 달성하기 위한 탄소세와 그에 따른 국내총생산 감소액을 계산하거나 특정한 탄소세액의 부과가 배출저감량과 산업에 미치는 효과를 분석하기 위한 계산모형(numerical model)은 주로 계산가능한 일반균형모형(computable general equilibrium model: 이하 CGE모형이라 칭함)이 사용되고 있다. 탄소세의 효과를 계산하기 위하여 지금까지 다양한 CGE모형이 개발되었다. 개별 국가를 대상으로 하는 일국 모형들뿐만 아니라 세계 전체를 대상으로 하는 모형(global model)도 있다.

CGE모형을 이용한 분석 결과를 보면 炭素稅 收入의 처리와 같은 모형체계에 대한 가정과 이산화탄소 배출저감 시나리오의 차이 등으로 인하여 동일한 국가나 지역을 대상으로 한 경우에도 분석 결과에 큰 차이가 존재한다.¹⁾ 한국경제

1) 탄소세와 관련된 기존연구들에 대한 요약은 강윤영(1999)이나 조경엽(1999)을 참조하시오.

를 대상으로 탄소세의 경제적 효과를 분석한 계산모형도 투입-산출 모형을 포함하여 여러 연구가 보고되었다. 유상희 (1994)는 투입-산출모형을 이용하여 특정액의 탄소세 부과가 한국의 산업부문에 미치는 효과를 계산하고 있으며 정태용·최기홍 (1994)은 산업별 에너지세와 탄소세의 효과를 분석하고 있다. Shin (1995)은 CGE모형을 이용하여 탄소배출량을 일정비율 감소하기 위하여 필요한 탄소 톤 당 금액과 그 경제적 효과를 비교정태분석하고 있다. 신동천 (1996)은 CGE모형을 이용하여 탄소세와 에너지세를 비교분석하고 있으며 김일중·신동천 (1997)은 CGE모형을 이용하여 탄소세가 특정산업에 미치는 효과를 분석하고 있다. 조경엽 (1999)은 시간회귀적 동태 CGE모형을 이용하여 시나리오별 탄소세 효과를 분석하고 있다. 에너지경제연구원 (1998)은 기후변화협약에 대응하기 위한 실천계획 수립을 위한 연구에서 이산화탄소 배출저감 시나리오별 국내총생산 및 산업별 부가가치 변화를 분석하고 있다.

탄소세의 효과를 계산하기 위하여 사용된 비교정태 혹은 동태적 CGE모형들은 거의 대부분 각 산업의 생산기술에 있어서 규모에 대한 수확불변(CRS)을 가정하며 또한 상품시장들이 완전경쟁적이라고 가정하고 있다. 규모에 대한 수확불변 가정과 상품시장의 완전경쟁성 가정은 계산모형의 균형방정식 체계와 모형의 보정(calibration)을 비교적 간단하게 한다는 장점이 있으나 현실경제에 실제로 존재하는 규모의 경제를 반영하지 못한다는 단점이 있다. 탄소세 부과에 직접적인 영향을 받는 산업인 석유산업, 석탄산업 및 전력산업 등은 규모의 경제가 있는 산업들로 알려져 있으며 따라서 이들 산업들이 규모에 대한 수확불변 생산기술로 생산하고 있다고 가정하는 계산모형은 탄소세의 경제적 효과를 제대로 반영하지 못할 가능성이 존재하는 것이다.

규모의 경제가 존재한다면 그 산업은 과점이나 독점적 경쟁상태가 되며 규모의 경제가 있는 산업내 기업의 수는 내생적으로 결정된다. 기업의 수는 규모의 경제가 존재하는 산업의 기업당 생산량과 평균생산비에 영향을 주며 상품가격에 영향을 주는 등, 완전경쟁시장 환경과는 다른 결과를 초래하게 된다. 본 논문에서는 한국경제의 모든 제조업과 전력산업에 규모의 경제가 존재하는 불완

전경쟁 CGE모형을 이용하여 일정금액의 탄소세 부과가 탄소배출 저감량과 산업구조에 미치는 효과를 계산한다. 또한 이를 규모의 경제 유무 이외의 모든 다른 조건들은 동일하고 규모에 대한 수확불변인 생산기술을 가정한 완전경쟁 CGE모형의 분석 결과와 비교한다. 비교분석 결과에 의하면 규모의 경제 유무가 주어진 탄소세의 탄소배출 저감량과 국내총생산에 미치는 효과에 큰 차이를 가져오는 것으로 나타난다. 규모의 경제가 존재하면 존재하지 않는 경우와 비교하여 주어진 탄소세 부과에 따른 탄소배출 저감량이 훨씬 큰 것으로 계산되며, 따라서 탄소배출 저감목표를 달성하기 위한 탄소세액의 결정에 사용되는 계산 모형이 실제로 현실에 존재하는 규모의 경제를 적절히 반영하지 못한다면 이 모형을 이용하여 계산된 탄소세는 불필요하게 높게 책정될 위험성이 존재하는 것이다. 다음의 제II장은 본 논문에서 사용하고 있는 불완전경쟁 CGE모형과 완전경쟁 CGE모형에 대한 설명이며, 제III장은 이 두 개의 모형을 이용한 계산 결과를 비교·분석하고 있다. 제IV장은 분석 결과에 대한 요약과 결론이다.

II. 분석모형

탄소배출량 저감을 위하여 화석연료 사용에 대한 탄소세를 부과하면 투입-산출 관계를 통하여 화석연료와 관련된 산업들을 중심으로 경제 전체의 생산과 산업구조에 영향을 줄 뿐만 아니라 산업별 부가가치가 변동하여 국민소득이 변동하는 등, 그 효과가 경제 전체에 파급된다. 이러한 파급효과는 투입-산출모형과 같은 부분균형분석으로는 계산할 수 없으며 일반균형적 접근방법으로 분석되어야 한다. 탄소세의 효과를 비교분석하기 위하여 본 논문에서 사용하는 두 개의 CGE모형 중 하나는 국제무역, 자원 및 환경, 경제발전 등 다양한 경제문제를 분석하기 위하여 사용되고 있는 완전경쟁 CGE모형이고 또 다른 하나는 제조업을 포함하여 일부 산업에 고정비용으로 인한 규모의 경제(economies of

scale)가 존재하는 불완전경쟁 CGE모형이다. 두 CGE모형은 규모의 경제 유무만을 제외하면 모든 조건들이 동일하다.

완전경쟁 CGE모형은 모든 산업이 규모에 대한 수확불변 생산기술을 이용하여 상품을 생산하며 '표준적' CGE모형이 채택하고 있는 가정체계를 갖는다.²⁾ 다만 산출을 국내재와 수출재로 변환하는데 있어서 불변변환탄력성(constant elasticity of transformation) 함수를 사용하지 않는다. 즉, 국내재와 수출재는 동질적 상품이고 생산된 산출량을 내수용과 수출용으로 전환하기 위하여 특별한 변환기술이 필요하지 않고 내수용을 수출용으로 혹은 수출용을 내수용으로 사용할 수 있다고 가정한다.

불완전경쟁 CGE모형에서는 규모의 경제가 없는 완전경쟁 산업들과 규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁 산업들로 구성되어 있으며 제조업과 전력산업에 규모의 경제가 존재하는 것으로 가정한다. 노동은 산업간 자유롭게 이동할 수 있으나 자본은 각 산업에 특화되어 있는 것으로 가정함으로써 임금은 모든 산업에서 동일하나 자본지대는 산업별로 다른 값을 가질 수 있다. 규모의 경제가 있는 산업내 개별 기업들에 의하여 생산되는 제품들은 완전히 동질적인 것으로 가정하며 규모의 경제는 고정비용의 존재로 인하여 발생하는 것으로 가정한다. 규모의 경제가 있는 산업에서 생산된 상품은 이윤기회에 따라 국내시장에 판매할 수도 있으며 수출시장에 판매할 수도 있다.

각 산업의 산출량은 노동과 자본의 결합으로 만들어지는 복합 생산요소(composite factor)와 복합중간재들을 사용하는 고정투입계수 생산기술에 의하여 생산된다고 가정한다. 이 복합 생산요소에 지불되는 비용이 부가가치가 된다. 제조업 및 전력산업과 같이 규모의 경제가 있는 산업에서는 산출량수준과는 독립적으로 일정량의 복합 생산요소량(C_i)이 반드시 필요하고 여기에 지불되는 비용이 고정비용이다. 이 고정비용의 존재로 인하여 평균비용곡선이 우하향하는 규모의 경제가 존재하는 것으로 가정하며 규모의 경제가 있는 산업별 고정비용

2) 여기서 '표준적' CGE모형이라 함은 Robinson (1989)이나 Dervis, de Melo & Robinson (1982)에서 묘사되고 있는 신고전학과 CGE모형을 말한다.

은 모형의 보정(calibration)을 통하여 결정된다. 각 산업의 생산함수는 다음과 같이 정의된다.

$$Y_j = \text{MIN} \{ (v_{1j}/a_{1j}), (v_{2j}/a_{2j}), \dots, (v_{nj}/a_{nj}), \quad (1)$$

$$[\max(A_j - C_j, 0)/a_{vj}] \}$$

Y_j = 산출량

a_{ij} = 투입-산출계수

v_{ij} = 복합중간재 i 의 투입량

A_j = 복합요소 총투입량

C_j = 복합 고정요소량

식 (1)에서 규모의 경제가 존재하는 산업의 복합요소 총투입량 A_j 가 복합 고정요소량 C_j 보다 작을 수 없으며 만약 그 값이 같다면 산업 j 는 생산활동을 하지 않고 있는 것이다. 따라서 생산활동을 하고 있으면서 규모의 경제가 존재하는 산업의 C_j 의 값은 0보다 크다. 물론 규모의 경제가 없는 산업의 C_j 의 값은 0이 된다. 식 (1)은 규모의 경제가 있는 산업별로 부가가치의 일정량이 고정투입물의 기능을 한다는 것을 의미한다.

식 (1)과 같이 규모의 경제를 생산기술에 반영하는 방법은 규모의 경제를 고려한 최초의 CGE모형이라고 할 수 있는 Harris (1984)와 약간의 차이가 있다. Harris모형에서는 비용함수에 고정비용을 가정하여 규모의 경제를 도입하고 있으며 산업별로 고정요소로 사용되는 자본량과 노동량이 존재하며 이 요소들에 지불되는 비용이 고정비용이다. 그러나 이렇게 고정자본량과 고정노동량을 가정하는 방법은 이론적으로 이상적이라고 할 수 있으나 이러한 방법의 가장 큰 문제는 기술자료인 고정자본량과 고정노동량에 관한 산업별 자료가 획득하기 거의 불가능한 자료라는 점이다. 이뿐만 아니라 이러한 방법은 CGE모형에서 보정해야 할 모수(parameter)의 수를 크게 증가시킨다. 이러한 의미에서 Kehoe

& Kehoe (1994)이 제시한 식 (1)의 방법은 이러한 자료획득상의 문제점을 우회하고 보정해야 할 모수의 수를 줄이면서 규모의 경제를 모형에 도입하는 적절한 방법이라고 생각된다.

복합요소는 노동과 자본의 본원적 생산요소들로부터 만들어지며 다음과 같은 콥-다글라스형인 것으로 가정한다.

$$A_j = L_j^b K_j^{1-b} \quad 0 < b_j < 1 \quad (2)$$

L_j = 노동투입량

K_j = 자본투입량

복합요소의 가격을 P_{wj} , 임금을 w , 산업별 자본지대를 r_j 라고 한다면 복합요소함수의 일차동차성으로 인하여 $P_{wj}A_j = wL_j + r_jK_j$ 가 성립한다. 산업별 고정비용은 고정된 복합요소량에 복합요소의 가격을 곱한 값이며 복합요소의 가격이 변동함에 따라 산업별 고정비용도 변동한다.

국내재와 수입재는 Armington (1969)식의 상호 불완전 대체재이고 민간부문은 국내재와 수입재로 구성된 불변대체탄력성(CES)형의 복합재들을 수요하며 민간부문의 복합재에 대한 수요는 소득에서 일정률의 민간저축을 뺀 지출범위 내에서 콥-다글라스형의 효용함수를 극대화함으로써 도출된다. 정부부문의 복합재에 대한 수요는 실질량으로 고정되어 있는 것으로 가정한다. 수출재에 대한 해외수요는 수출수요함수에 의하여 결정되며 한국경제가 직면하고 있는 산업별 수출수요함수는 식 (3)과 같이 가정한다(Dervis, de Melo & Robison (1982) 참조).

$$E_j = E_j^0 (\psi_j / P_{wej})^{\mu_j} \quad (3)$$

E_j^0 = 상수

μ_j = 수출수요의 가격탄력성

ψ_j 는 세계시장에서의 j 재 생산비와 무역정책들이 반영된 상수이며 P_{WEj} 는 한국이 생산하는 수출재 j 의 국제시장가격이다. P_{WEj} 는 국내의 생산 및 수요 조건의 변동에 따라 변화하는 내생변수이며 한국이 소규모 개방경제라고 가정하는 것은 곧 P_{WEj} 의 변동이 ψ_j 에 아무런 영향을 주지 못한다는 것을 의미한다.

규모의 경제가 존재하는 산업은 독과점화되어 있으며 동일산업내 모든 개별 기업들이 직면하는 조건들은 완전히 동일하고 기업들은 쿠르노(Cournot)식의 경쟁을 한다고 가정한다. 따라서 동일산업내의 모든 쿠르노 기업들의 균형생산량은 동일하게 된다. 이윤을 극대화하는 개별 기업들의 內需供給량과 輸出供給량은 그들이 직면하고 있다고 인식하는 내수시장과 수출시장에서의 수요의 가격탄력성에 의하여 결정된다. 규모의 경제가 존재하는 산업에서 활동하는 쿠르노 기업의 총비용은 생산을 위하여 필요한 복합 고정요소에 지불하는 고정비용과 생산을 증대시킴에 따라 증가하는 가변비용으로 구성된다. 가변비용은 다시 가변복합요소에 지불하는 비용과 복합중간재투입에 따른 비용으로 나눌 수 있다. 생산요소가격과 복합중간재의 가격들이 주어졌다면 가변비용은 곧 한계비용(MC_k)이며 쿠르노 기업의 한계비용과 총비용(TC_k)은 다음과 같이 정의된다.

$$MC_k = a_{vk}P_{vk} + \sum_{i=1}^n a_{ik}P_i \quad (4)$$

$$TC_k = MC_k \cdot (Y_k/m_k) + P_{vk}C_k \quad (5)$$

P_i = 복합재 i 의 가격

m_k = 산업 k 의 기업수

식 (4)에서 개별 기업의 한계비용은 가변요소인 산출단위당 부가가치 투입액 ($a_{vk}P_{vk}$)과 중간복합재 투입액 ($\sum_{i=1}^n a_{ik}P_i$)의 합계이며 식 (5)의 총비용은 고정비용에 가변비용의 합계이다. 규모의 경제가 존재하는 산업에서 활동하는 모든 개별 기업들은 동일한 조건을 가지고 있는 것으로 가정하므로 개별 기업의 균

형생산량은 동일하게 되며 이 균형생산량은 산업생산량(Y_k)을 기업의 수(m_k)로 나눈 값이 된다.

산업 k 의 국내재 시장수요의 가격탄력성이 η_k , 수출시장수요의 가격탄력성이 μ_k , 산업 k 의 기업수가 m_k 일 때, 쿠르노기업이 '인식'하는 두 시장에서의 수요의 가격탄력성은 각각 $m_k\eta_k$, $m_k\mu_k$ 이다. 수출시장에서 쿠르노기업은 간접세 부과 후의 수출재 純價格(net price)에 $[1 - (1/m_k\mu_k)]$ 를 곱한 값인 한계수입을 한계비용과 일치시키는 수출공급량을 결정하게 되며 국내시장에서도 같은 방법으로 국내재 공급량을 결정한다. 이와 같은 쿠르노 기업의 이윤극대화조건은 식 (6)과 식 (7)이다.

$$\text{수출: } (1 - \tau_k)P_{Ek} \left(1 - \frac{1}{m_k\mu_k}\right) = MC_k \quad (6)$$

$$\text{내수: } (1 - \tau_k)P_{Sk} \left(1 - \frac{1}{m_k\eta_k}\right) = MC_k \quad (7)$$

τ_k = 산업 k 의 간접세율

P_{Sk} = 국내재 k 의 가격

P_{Ek} = 수출재의 국내시장가격

쿠르노 기업의 균형생산량을 결정하는데 중요한 작용을 하는 것은 쿠르노 기업이 직면하고 있다고 인식하고 있는 시장수요곡선이다. 한국경제를 소규모 개방경제로 가정하고 식 (3)과 같이 가정한 수출수요함수에서 수출수요의 가격탄력성(μ_j)은 모수로서 실제의 계산에서는 소규모 개방경제 가정과 일관되도록 큰 값을 가정하여 수출수요가 매우 가격탄력적인 것으로 가정하였다.

국내재에 대한 수요의 가격탄력성은 내생변수로서 균형에서 결정되는 값이다. 국내에서 소비되는 복합재량이 주어지고 국내재와 수입재의 대체탄력성이 σ_j 라면 국내재에 대한 시장수요의 가격탄력성은 다음과 같이 계산될 수 있다. 식 (8)을 규모의 경제가 있는 산업의 개별 기업이 직면하는 국내재 시장수요의 가

격탄력성으로 가정한다.³⁾ 식 (8)을 보면 수입재의 상대가격이 하락하면 국내재에 대한 시장수요의 가격탄력성이 증가하게 됨을 알 수 있다. 즉, 수입재가 상대적으로 저렴해지면 국내재 시장이 이전보다 더 경쟁적이 된다.

$$\begin{aligned} \eta_j &\equiv -\frac{\partial XS_j}{\partial P_{Sj}} \bigg/ \frac{P_{Sj}}{XS_j} \\ &= \sigma_j + (1-\sigma_j) \frac{(1-d_j)^{\sigma_j} P_{Sj}^{1-\sigma_j}}{d_j^{\sigma_j} P_{Mj}^{1-\sigma_j} + (1-d_j)^{\sigma_j} P_{Sj}^{1-\sigma_j}} \end{aligned} \quad (8)$$

식 (8)에서 d_j 는 국내재와 수입재로 구성된 Armington (1969)함수와 관련된 모수이며 Armington함수는 식 (9)와 같이 정의된다. a_j 는 CES함수의 지수이며 대체탄력성과는 $a_j = (1/\sigma_j) - 1$ 의 관계에 있다.

$$X_j = AC_j [d_j M_j^{-a_j} + (1-d_j) X S_j^{-a_j}]^{-\frac{1}{a_j}} \quad (9)$$

X_j = 복합재 j

M_j = 수입재 j

$X S_j$ = 국내재 j

모의분석을 위해서는 기준년도의 관찰된 내생변수들을 CGE모형의 방정식체계가 재현시킬 수 있도록 모형을 보정(calibration)하여야 한다. 모형의 보정에 필요한 자료 중에서 국내재와 수입재의 대체탄력성(σ_j)은 Lächler (1985)와 Shiells, Stern & Deardorff (1986) 등의 외국의 연구 결과들과 한국경제에 관한 신동천(1996)의 연구 결과들을 이용하여 적합하다고 생각되는 값을 민감도 분석을 통하여 결정하였다.

규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁 산업에 대한 보정 과정은 다음과 같다. 기준년도의 수입재의 국제시장가격(P_{WMr})을 1로 하는 수량단위를 선택하고 수

3) Devarajan & Rodrik (1991)을 참조하시오.

입재의 국내시장가격은 관세를 포함한 가격이며 국내재의 가격(P_{Sk})도 1이 되는 수량단위를 선택하면 식 (8)에서 기준년도의 국내재수요의 가격탄력성(η_k)을 계산할 수 있다. 수출수요의 가격탄력성은 소규모 개방경제 가정과 일관되도록 큰 값을 갖는 것으로 가정한다. 또한 규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁 시장은 경합시장이며 균형에서 모든 기업은 정상이윤을 초과하는 이윤을 얻을 수 없다. 이렇게 계산되거나 가정된 내수시장과 수출시장의 수요의 가격탄력성이 주어지면 식 (10)~식 (17)로부터 불완전경쟁 산업과 관련된 모수들을 보정할 수 있다. 수출재의 국내가격 P_{Ek} , 한계비용 MC_k , 기업의 수 m_k , 산출량 Y_k , 국내재 공급량은 XS_k , 수출량 E_k , 복합요소 투입계수 a_{vk} , 고정 복합요소량 C_k 는 식 (10)~식 (17)의 8개 연립방정식들의 해로서 모형의 보정이 이루어진다. E_k^0 는 기준년도 수출액, XS_k^0 는 기준년도 국내재판매액, Π_k^0 는 이윤, V_{ik}^0 는 산업 k 의 생산을 위하여 사용된 복합재 i 의 중간투입액이며 s_k 는 규모효율계수(scale efficiency coefficient)이다.

$$(1 - \tau_k)P_{Sk}^0 \left(1 - \frac{1}{m_k \eta_k^0}\right) = MC_k \quad (10)$$

$$(1 - \tau_k)P_{Ek} \left(1 - \frac{1}{m_k \epsilon_k^0}\right) = MC_k \quad (11)$$

$$MC_k = a_{vk}P_{vk}^0 + \sum_{i=1}^n (V_{ik}^0 / Y_k) \quad (12)$$

$$P_{Ek}E_k = E_k^0 \quad (13)$$

$$P_{Sk}^0 XS_k = XS_k^0 \quad (14)$$

$$Y_k = XS_k + E_k \quad (15)$$

$$\Pi_k^0 = (1 - \tau_k)(XS_k^0 + E_k^0) - s_k \cdot MC_k Y_k \quad (16)$$

$$P_{vk}^0 C_k = (s_k - 1)MC_k Y_k \quad (17)$$

산업별 규모효율계수 s_k 는 평균비용을 한계비용으로 나눈 값으로 규모의 경제

정도를 측정한다.⁴⁾ 식 (17)의 왼편은 고정된 복합요소량에 복합요소가격을 곱한 고정비용이며 규모효율계수를 알면 고정비용은 이 식으로부터 계산될 수 있다. 규모의 경제 정도를 나타내는 산업별 규모효율계수도 일반적으로 획득하기 어려운 기술자이다. 규모의 경제를 가정하는 대부분의 CGE모형에서는 $s_k = 10/9$ 와 $s_k = 10/7$ 사이의 규모의 경제 정도를 가정하고 있다. 예를 들어, Harris (1984)는 기준년도의 산업별 규모효율계수를 10/9~10/7의 범위로 가정하고 있고 한국경제를 대상으로 무역자유화 효과를 분석하고 있는 de Melo & Roland-Holst (1991)는 기준년도의 규모효율계수가 10/9와 10/8인 경우를 대상으로 분석하고 있다. 탄소세의 경제적 효과를 규모의 경제 유무에 따라 비교·분석하는 본 논문에서는 일반적으로 낮은 정도의 규모의 경제로 취급되는 $s_k = 10/9$ 를 가정하였다.

완전경쟁 CGE모형 방정식체계는 불완전경쟁 CGE모형 방정식체계로부터 쉽게 도출될 수 있다. 즉, 불완전경쟁 CGE모형의 보정 과정에서 모든 산업의 s_k 를 1로 하여 모형을 보정하면 고정비용이 0가 되며 보정 결과는 완전경쟁 CGE모형의 방정식체계로 전환된다. 계산에 사용된 불완전경쟁 CGE모형의 방정식체계는 부록에 제시되었다.

III. 분석 결과의 비교

탄소배출량 저감을 위한 탄소세 부과 효과를 분석하기 위한 기준년도는 1995년으로 하였으며 한국은행 (1998)의 1995년도 산업연관표를 이용하여 한국 경제를 모두 33개의 산업으로 분류하였다. 특히 석탄, 원유, 천연가스, 석탄제품, 석유제품, 전력 및 가스 등, 화석연료사용 관련 산업들을 세분화하였다. 33개의

4) 총비용에 대한 고정비용의 비율인 비용불이익비율(cost disadvantage ratio: CDR)과는 $CDR_k = 1 - (1/s_k)$ 의 관계에 있다.

산업 중에서 제조업과 전력산업에 규모의 경제가 있고 시장이 불완전경쟁 상태에 있는 것으로 가정하였으며 이들 산업 이외의 산업들은 완전경쟁적인 것으로 가정하였다. 규모의 경제가 있는 경우는 물론이고 규모의 경제가 존재하지 않더라도 기업들의 시장진입과 퇴출이 단기적으로 제약되어 있다면 산업에 따라 초과이윤을 얻을 수 있고 손실이 발생할 수도 있으나 본 모형에서는 기준년도의 균형과 비교될 균형은 기업들이 시장에 자유롭게 진입하고 퇴출할 수 있는 경합균형(contestable equilibrium)이며 경합균형에서는 기업들이 초과이윤을 얻을 수 없다.

한국경제가 사용하는 1차 연료는 석탄과 원유 및 천연가스이나 원유가 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 석탄은 수입에 비하여 적은 양이 생산되고 있으며 수출량은 극히 미미한 수준이다. 원유와 천연가스는 국내에서 생산되지 않아 전량 수입되고 있으며 수출은 이루어지고 있지 않다. 모의분석을 위한 탄소세는 1차 연료의 생산과 輸入 및 2차 연료의 純輸入에 대하여 탄소배출 톤 당 10달러의 종량세로 부과하는 것으로 가정하며 연료연소에 따르는 탄소배출량은 IPCC가 제시하는 배출계수를 사용한다.

탄소세 부과로 인한 세수입은 정부수입으로 편입된다고 가정한다. 모형에 따라 탄소세수입이 민간부문에 총괄(lump sum)형태로 지급되거나 직접세율 혹은 간접세율의 인하 형태로 민간부문에 이전된다고 가정할 수도 있다. 세수입을 어떻게 처리하느냐에 따라 탄소세 부과가 배출저감량과 국내총생산 등에 미치는 효과에 차이가 나는 것이 사실이지만 본 논문에서는 규모의 경제 유무에 따른 효과의 차이에 중점을 두고 있으며 탄소세수입이 누구에게 귀속되느냐가 결론에 큰 영향을 미치지 않으므로 여기서는 정부수입으로 귀속된다고 가정한다.

<표 1>은 1995년도를 기준으로 CGE모형을 이용하여 한국경제의 탄소배출 톤 당 10달러의 탄소세가 탄소배출량, 국내총생산 및 탄소세수입에 미치는 효과를 계산한 결과이다. 약한 정도의 규모의 경제가 존재한다고 가정한 CGE모형으로부터 얻은 탄소배출 저감량은 약 7,329천톤이며 규모에 대한 수확불변을 가정한 완전경쟁 CGE모형으로부터 얻은 탄소배출 저감량인 3,092천톤의 약 2.4

〈표 1〉 탄소세 10달러 부과 효과 비교

	탄소배출 감소(천톤)	탄소배출량 변화율(%)	GDP 변화율(%)	탄소세수입 (10억 원)
불완전경쟁 모형(A)	- 7,329.34	- 6.8	-0.56	780.68
완전경쟁 모형(B)	- 3,091.85	- 2.9	-0.44	813.63
A/B	2.37	2.34	1.27	0.96

배인 것으로 계산되었다.

규모의 경제가 존재하는 경우 탄소 톤 당 10달러의 탄소세 부과는 약 0.56% 정도 국내총생산을 감소시키는 반면에 규모의 경제가 존재하지 않는 경우에는 약 0.44% 정도의 국내총생산 감소율을 보이고 있어 규모의 경제가 있다고 가정하는 경우가 국내총생산의 감소율 당 탄소배출 저감량이 더 큼을 보이고 있다. 즉, GDP 감소율 1% 당 탄소배출 저감량이 규모의 경제가 있는 경우에 약 13,135천톤인 반면에 규모의 경제가 없는 경우는 약 7,011천톤인 것으로 계산되었다. 반면에 炭素稅 收入에 있어서는 규모의 경제가 없는 경우가 약 8,136억 원이고 규모의 경제가 있는 경우가 7,807억 원으로 오히려 규모의 경제가 없는 경우가 더 높은 탄소세 收入을 얻는 것으로 나타났다.

완전경쟁 CGE분석과 규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁 CGE분석의 핵심적 차이는 규모의 경제가 존재하는 산업의 시장가격과 한계비용이 일치하지 않는다는 점과 함께 탄소세 부과가 규모의 경제가 존재하는 산업들의 조직변동, 즉 산업내 企業數의 변동을 통하여 평균 생산비용을 변화시키며 자원사용의 효율성에 영향을 준다는 점이다. 규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁 CGE모형에서 산업내 기업의 數는 그 산업의 기업간 경쟁도를 나타내는 하나의 지표로 볼 수 있다.

〈표 2〉는 규모의 경제가 있는 산업들에서 탄소 톤 당 10달러의 탄소세가 기업당 생산량에 미치는 효과를 계산한 것이다. 탄소세가 부과되면 일반기계, 전

〈표 2〉 불완전경쟁 산업의 기업 당 산출량 변동률

산 업	변동률(%)	산 업	변동률(%)
음식료품	-0.05	1차 금속	-1.14
섬유·가죽	0.81	금속제품	0.04
종이·나무	0.17	일반기계	0.14
인쇄·출판	-0.04	전기·전자	0.44
석탄제품	-4.28	정밀기기	0.78
석유제품	-13.61	수송기계	0.48
화학제품	-0.16	전 력	-1.10
비금속제품	-0.54		

기·전자기계 및 정밀기기 산업을 제외한 산업들의 기업수가 증가하는 것으로 나타난다. 특히 탄소세 부과로 인하여 석유제품을 생산하는 산업의 산출량이 가장 큰 율로 감소하는 동시에 기업수는 가장 큰 율로 증가하여 기업당 산출량이 가장 크게 감소함으로써 평균생산비가 크게 상승하고 이에 따라 시장가격도 상대적으로 큰 폭으로 상승하게 된다. 석유제품가격의 상승으로 석유제품에 대한 수요가 크게 줄게 되면 석유제품의 중간투입재인 원유의 수요도 큰 폭으로 줄어들어 탄소배출량이 크게 감소하는 것이다. 평균비용의 상승은 자원사용의 효율성도 감소시킴으로써 국내총생산도 감소시키는 결과를 초래한다. 소규모 개방 경제이면서 모든 시장이 완전경쟁적이라면 탄소세 부과는 탄소세만큼의 가격상승을 가져오나 규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁 시장에서는 이러한 가격상승 효과에 추가하여 기업 당 산출량 감소를 통한 평균비용의 상승이 가격을 더욱 상승시키는 것이다.

이러한 결과는 특정액의 탄소세 부과에 따른 탄소배출 저감량을 계산하거나 혹은 특정한 탄소배출 저감목표를 달성하기 위한 탄소세를 결정하는데 중요한 시사점을 제공하고 있다. 즉, 규모에 대한 수확불변의 생산기술을 가정하는 경쟁적 CGE모형을 사용하여 계산하면 일정액의 탄소세 부과에 따른 탄소배출 저

감량이 과소평가될 수 있다는 것이며, 혹은 특정한 탄소배출 저감목표를 달성하기 위한 탄소톤 당 탄소세액이 과대 계산될 가능성이 있다는 것이다. 상대적으로 작은 규모의 경제를 가정한 본 모형의 계산 결과를 보면, 실제로 상당한 규모의 경제가 현실경제에 존재한다면 이러한 과소 혹은 과대의 정도가 예상외로 클 수가 있다는 것을 보여 주고 있다.

<표 3>은 10달러의 탄소세 부과가 산업별 산출량 및 산출가격(output price)에 미치는 효과를 계산하여 규모의 경제 유무에 따라 비교한 것이다. 규모의 경제 유무와 상관없이 탄소세의 부과는 석탄, 광물, 석탄제품, 석유제품, 비금속 및 1차 금속제품, 전기, 가스, 수도, 건설의 산출량을 감소시킨다. 또한 당연한 결과이지만 화석연료 관련 산업들의 산출량 감소율과 산출가격 상승률이 다른 산업들에 비하여 큼을 알 수 있다. <표 3>은 화석연료 관련 산업들의 산출량과 산출가격에 미치는 탄소세의 효과가 규모의 경제 유무에 따라 큰 차이가 있음을 보여 주고 있다. 완전경쟁 CGE모형을 사용하여 계산된 석유제품의 산출감소율은 3.95%인 반면에 규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁 CGE모형을 사용하여 계산된 석유제품 산출감소율은 9.7%로서 2배 이상의 차이를 보이고 있다. 석탄제품의 경우는 완전경쟁 CGE모형을 사용하면 1.11%의 산출감소율을 보인 반면에 불완전경쟁 CGE모형을 이용하면 1.7%의 산출감소율을 보이고 있다. 전기, 가스, 수도의 경우에도 불완전경쟁모형을 사용할 때가 완전경쟁모형을 사용할 경우에 비하여 상대적으로 큰 산출감소율을 나타내고 있다.

산출가격 면에서도 불완전경쟁모형을 사용하면 석유제품이 2.52%의 가격상승률을 보인 반면에 완전경쟁모형인 경우 1.14%의 가격상승률을 보일 뿐이다. 석탄제품의 경우는 차이가 다소 작아 불완전경쟁모형을 사용한 경우가 8.62%의 가격상승률을 보인 반면에 완전경쟁모형을 사용하면 7.71%의 가격상승률을 나타내고 있다. 전력산업에 있어서도 차이는 작지만 불완전경쟁모형을 사용할 때의 가격상승률이 높은 것으로 계산되었다.

<표 4>는 탄소세 부과가 수출입에 미치는 효과를 계산하여 비교한 것이다. 규모의 경제 유무와 상관없이 탄소세 부과로 가장 큰 영향을 받는 산업들은 화

규모의 경제와 탄소세의 경제적 효과

〈표 3〉 산출량 및 산출가격에 미치는 효과 비교

품 목	산출량		산출가격의 변화율(%)	
	규모의 경제	탄소세	규모의 경제	완전경쟁
농림수산	0.04	0.04	-0.16	-0.13
석 탄	-0.82	-0.55	12.14	12.20
원 유	0.00	0.00	0.00	0.00
천연가스	0.00	0.00	0.00	0.00
광 물	-0.06	0.01	-0.41	-0.25
음식료품	0.08	0.09	-0.16	-0.15
섬유·가죽	1.00	0.59	-0.12	-0.05
종이·나무제품	0.31	0.23	-0.13	-0.10
인쇄·출판	0.09	0.08	-0.25	-0.21
석탄제품	-1.70	-1.11	8.62	7.71
석유제품	-9.70	-3.95	2.52	1.14
화학제품	0.03	0.16	-0.03	-0.03
비금속제품	-0.40	-0.28	-0.04	-0.10
1차금속	-0.80	-0.20	0.12	0.04
금 속	0.08	0.14	-0.10	-0.11
일반기계	0.14	0.15	-0.13	-0.13
전기·전자	0.44	0.24	-0.04	-0.30
정밀기기	0.77	0.48	-0.16	-0.12
수송기계	0.52	0.37	-0.12	-0.10
기타제조업	0.38	0.33	-0.12	-0.10
전 기	-0.39	-0.19	0.51	0.34
가 스	-1.11	-0.99	2.02	1.94
수 도	-0.07	-0.04	-0.33	-0.24
전 설	-0.72	-0.63	-0.38	-0.33
도소매	0.15	0.12	-0.22	-0.18
숙박·음식점	0.37	0.32	-0.10	-0.09
수송·보관	0.13	0.26	-0.05	-0.06
방 송	0.15	0.12	-0.26	-0.20
금융·보험	0.04	0.04	-0.41	-0.32
부동산	0.02	0.01	-0.37	-0.29
공공행정	0.00	0.00	-0.32	-0.26
교육·보건	-0.02	-0.03	-0.39	-0.30
사회 및 기타서비스	0.11	0.08	-0.31	-0.25

신 동 천

〈표 4〉 수출입에 미치는 효과 비교

품 목	구 분	수출변화율(%)		수입변화율(%)	
		규모의 경제	기술진보	규모의 경제	원천경쟁
농림수산		3.30	2.67	-0.25	-0.21
석 탄		-89.88	-90.01	-1.10	-0.69
원 유		0.00	0.00	-9.70	-3.95
천연가스		0.00	0.00	-1.11	-0.99
광 물		8.54	5.02	-1.08	-0.59
음식료품		3.16	3.03	-0.64	-0.58
섬유·가죽		1.61	1.09	0.15	0.05
종이·나무제품		2.31	1.92	-0.08	-0.07
인쇄·출판		4.93	4.20	-0.82	-0.67
석탄제품		-82.10	-77.36	26.11	23.69
석유제품		-47.08	-20.24	4.95	2.25
화학제품		0.03	0.51	-0.02	0.02
비금속제품		0.60	2.07	-0.52	-0.55
1차금속		-3.10	-0.08	-0.22	-0.03
금 속		2.01	2.23	-0.51	-0.45
일반기계		2.70	2.61	-0.64	-0.55
전기·전자		0.85	0.60	-0.10	-0.14
정밀기기		3.26	2.49	-0.55	-0.48
수송기계		2.30	1.97	-0.42	-0.38
기타제조업		2.47	2.04	-0.31	-0.24
전 기		-11.10	-6.52	0.67	0.50
가 스		-32.96	-31.94	2.93	2.91
수 도		6.74	4.88	-0.72	-0.51
건 설		7.99	6.73	-1.49	-1.28
도소매		4.42	3.59	-0.69	0.57
숙박·음식점		2.08	1.79	-0.11	-0.09
수송·보관		0.92	1.15	-0.31	-0.24
방 송		5.44	4.14	-0.57	-0.43
금융·보험		8.65	6.56	-0.88	-0.66
부동산		7.78	6.00	-0.86	-0.67
공공행정		0.00	0.00	0.00	0.00
교육·보건		8.03	6.26	-0.79	-0.63
사회 및 기타서비스		6.30	5.04	-0.76	-0.62

석연료 관련 산업들로서 다른 산업들에 비하여 큰 폭의 변동률을 보이고 있다. 규모의 경제가 존재하는 경우 석탄이 약 90%, 석탄제품이 82%, 석유제품이 47%, 전력이 11%, 가스가 33%의 수출감소율을 보이고 있다. 석탄, 석탄제품, 전력, 가스는 원래 수출 자체가 적기 때문에 실질적으로 수출량 감소는 크지 않으나 석유제품의 경우는 수출량이 상대적으로 크기 때문에 40%의 수출감소율은 큰 폭의 수출량 감소를 의미한다. 산출과 마찬가지로 규모의 경제 유무가 수출감소율에 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있다. 특히 석유제품의 수출은 완전경쟁모형의 경우 약 20%의 수출감소율을 보이는 반면에 규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁모형의 경우는 약 47%의 수출감소율을 보여 두 배 이상의 차이를 보이고 있다. 전력산업의 경우도 불완전경쟁모형에서 11.1%, 완전경쟁모형에서 6.5%의 수출감소율을 보여 비교적 큰 차이를 보인 반면에 석탄, 석탄제품 및 가스산업의 수출감소율은 두 모형이 비슷한 결과를 낳았다.

탄소세 효과분석을 위하여 사용된 본 논문의 CGE모형에서는 한국을 이른바 '거의 소규모 개방경제'(almost small open economy)로 가정하여 수입재들의 국제시장가격은 외생적으로 주어지고 수출재의 국제시장도 가격탄력성이 상당히 높은 것으로 가정하고 있다. 따라서 규모의 경제가 존재하는 과점시장을 가정하는 경우가 경쟁시장을 가정하는 경우보다 국내시장가격의 상승폭이 더 크며 이에 따라 과점기업들은 수출을 내수용으로 더 많이 전환시키게 된다.

탄소세 부과는 섬유·가죽, 석탄제품, 석유제품, 전기, 가스산업을 제외하고는 대부분 산업에서 수입을 감소시키는 것으로 나타난다. 輸入감소는 탄소세 부과로 인한 국내총생산의 감소와 가격인상으로 인하여 輸入需要가 감소하기 때문이다. 특히 탄소세 부과는 原油輸入을 상대적으로 크게 감소시키는 것으로 나타난다. 규모의 경제가 존재하는 불완전경쟁모형을 사용하면 원유수입이 9.7% 감소하는 반면에 완전경쟁모형을 사용하면 3.95% 감소하는 것으로 계산되어 수입감소율에서 두 배 이상의 차이를 보이고 있다. 탄소세 부과는 석탄제품과 석유제품의 수입을 증가시키는 것으로 나타난다. 석탄제품의 수입은 불완전경쟁모형과 완전경쟁모형에서 각각 약 26.1%와 23.7% 증가하는 것으로 나타나며 석유

제품의 수입은 두 모형에서 각각 약 5%와 2.3% 증가하는 것으로 계산되었다.

석탄제품의 수입액 자체가 아주 작고 두 모형에서 비슷한 증가율을 보이고 있으나 석유제품은 수입액 자체가 크며 수입증가율의 차이는 두 모형이 2배의 차이를 보이고 있다. 따라서 수출의 경우와 마찬가지로 탄소세 부과시 규모의 경제 유무는 원유 및 석유제품의 수입변동에 가장 큰 영향을 준다는 것을 알 수 있다.

IV. 요약 및 결론

세계적으로 온실가스 배출저감을 위한 다양한 정책과 방법들이 제시되고 있으며 그 중에서도 탄소세가 가장 활발하게 논의되고 있다. 개별, 국가별 혹은 지역별로 이산화탄소배출 저감목표를 달성하기 위한 탄소세액을 계산하거나 일정액의 탄소세가 탄소배출 저감량에 미치는 효과를 계산하기 위하여 다양한 CGE모형이 사용되었다. 이러한 모형들의 대부분은 규모의 경제를 감안하지 않는 경쟁모형들이다. 특히 이산화탄소 배출량의 특정 저감목표를 달성하기 위한 탄소세액을 결정하는 문제에 있어서 과소한 세액을 부과하면 저감목표를 달성하지 못하며 과도한 탄소세를 부과하면 저감목표를 초과하여 달성할 수 있을지는 모르지만 국내총생산의 불필요한 추가감소를 가져오게 된다. 따라서 저감목표를 달성하기 위한 탄소세액을 가능한 한 정확하게 계산할 수 있는 계산모형의 필요성이 대두된다.

규모의 경제가 존재하면 그 시장은 불완전경쟁 상태가 되며 규모의 경제가 존재하지 않는 상황과 비교하여 외생적 충격의 효과가 크게 달라질 수 있다. 본 논문에서는 규모의 경제 유무 이외의 모든 조건들이 동일한 불완전경쟁 CGE모형과 완전경쟁 CGE모형을 이용하여 일정액의 탄소세 부과가 탄소배출 저감량과 경제에 미치는 효과를 분석하였다. 분석 결과를 보면 규모의 경제가 있는 경

우에 국내총생산이 더 크게 감소하며 탄소배출 저감량도 두 배 이상 더 많은 것으로 나타났다. 이는 규모의 경제가 존재하는 경우 화석연료 관련 산업들의 기업 당 산출량이 크게 감소함으로써 평균생산비용이 크게 증가하여 국내시장 가격을 상대적으로 더 크게 상승시키기 때문인 것으로 나타난다.

탄소세 부과와 효과가 규모의 경제 유무에 따라 큰 차이가 날 수 있다는 사실은 탄소배출량 저감목표를 달성하는 탄소세액을 계산하기 위한 모형설정에 세심한 주의가 필요함을 말해 주고 있다. 현실적으로 규모의 경제가 있음에도 이를 반영하지 못한 계산모형을 사용한다면 특정한 저감목표를 달성하기 위한 탄소세가 과대 계산될 가능성이 있고 필요 이상의 국내총생산 감소를 가져올 가능성이 있기 때문이다. 한국도 향후 이산화탄소 배출 저감을 위한 국제적 노력에 적극 동참하여야 할 시기가 올 것이며 여기에 대비하는 의미에서도 각종 저감정책, 특히 탄소세가 한국경제에 미치는 효과를 가능하면 정확하게 계산할 수 있는 모형의 개발이 요구되는 것이다.

〈부록〉 불완전경쟁 CGE모형 방정식체계

$$P_{Mj} = (1 + t_j)eP_{VMj} + T_j \quad (A.1)$$

$$P_{Ej} = (1 + te_j)eP_{WEj} \quad (A.2)$$

$$P_{Eq} = P_{Sq} \quad (A.3)$$

$$P_j X_j = P_{Sj} X_{Sj} + P_{Mj} M_j \quad (A.4)$$

$$(1 - \tau_q)P_{Sq} = a_{vq}P_{vq} + \sum_i a_{iq}P_i + T_q \quad (A.5)$$

$$MC_k = a_{vk}P_{vk} + \sum_i a_{ik}P_i \quad (A.6)$$

$$(1 - \tau_k)P_{Sk} \left(1 - \frac{1}{m_k \eta_k}\right) = MC_k \quad (A.7)$$

$$(1 - \tau_k)P_{Ek} \left(1 - \frac{1}{m_k \mu_k}\right) = MC_k \quad (A.8)$$

$$\Pi_k = (1 - \tau_k)(P_{Sk}XS_k + P_{Ek}E_k) - (MC_kY_k + m_kP_{vk}C_k) \quad (A.9)$$

$$\eta_k = \sigma_k + (1 - \sigma_k) \frac{(1 - d_k)^{\sigma_k} P_{Sk}^{1 - \sigma_k}}{d_k^{\sigma_k} P_{Mk}^{1 - \sigma_k} + (1 - d_k)^{\sigma_k} P_{Sk}^{1 - \sigma_k}} \quad (A.10)$$

$$A_j = L_j^{b_j} K_j^{1 - b_j} \quad (A.11)$$

$$(A_j - m_j C_j) = a_{vj} Y_j \quad (A.12)$$

$$wL_j = (1 - b_j) P_{vj} A_j \quad (A.13)$$

$$P_{vj} A_j = wL_j + r_j K_j \quad (A.14)$$

$$E_j = E_j^0 (\psi_j / P_{WEj})^{\mu_j} \quad (A.15)$$

$$X_j = AC_j [d_j M_j^{-a_j} + (1 - d_j) X S_j^{-a_j}]^{-\frac{1}{a_j}} \quad (A.16)$$

$$\frac{M_j}{X S_j} = \left[\frac{P_{Sj}}{P_{Mj}} \frac{d_j}{1 - d_j} \right]^{\sigma_j} \quad (A.17)$$

$$HI = (1 - dr) \left(\sum_i P_{vi} V A_i + \sum_k \Pi_k \right) \quad (A.18)$$

$$HS = s \cdot HI \quad (A.19)$$

$$P_j CD_j = \alpha_j \cdot (HI - HS) \quad (A.20)$$

$$GR = e \sum_i t_j P_{VMi} M_i \quad (A.21)$$

$$\begin{aligned} &+ \sum_q \tau_q P_{Sq} Y_q + \sum_k \tau_k (P_{Sk} X S_k + P_{Ek} E_k) \\ &+ \sum_i T_i (M_i - E_i + Y_i) \end{aligned}$$

$$GS = GR - \sum_i P_i GD_i \quad (A.22)$$

$$ID_j = \sum_i a_{ji} Y_i \quad (A.23)$$

$$TB = \sum_i (P_{WMi} M_i - P_{WEi} E_i) \quad (A.24)$$

$$TZ = HS + GS + e \cdot TB \quad (A.25)$$

$$\sum_i P_{icif} Q_f = \theta_f TZ, \quad f = 1, 2, \dots, n, \quad \left(\sum_f \theta_f = 1 \right) \quad (A.26)$$

규모의 경제와 탄소세의 경제적 효과

$$ZD_j = \sum_f c_{if} Q_f \quad (A.27)$$

$$X_j = ID_j + CD_j + GD_j + ZD_j \quad (A.28)$$

$$Y_j = XS_j + E_j \quad (A.29)$$

$$\sum_j L_j = L^* \quad (A.30)$$

$$K_j = K_j^* \quad (A.31)$$

〈변수명〉

P_M = 수입재의 국내가격

t_j = 관세율

T_j = 탄소세

P_{MEj} = 수출재의 국제가격

P_{Sj} = 국내재 가격

m_j = 기업의 수

r_j = 자본지대율

XS_j = 국내재량

M_j = 수입량

τ_j = 간접세율

A_j = 복합요소량

ϕ_j = 수출수요함수의 상수

L_j = 노동수요량

ID_j = 복합중간재 수요량

HI = 민간부문의 가치분소득

dr = 직접세율

HS = 민간부문의 저축

GR = 정부수입

GD_j = 정부의 복합재 수요량

c_{ij} = 자본구성계수

P_{Ej} = 수출재의 국내가격

t_{ej} = 수출보조금률

P_{MM} = 수입재의 국제가격

P_j = 복합재 가격

P_{Vj} = 복합요소 가격

w = 임금률

X_j = 복합재량

Y_j = 산출량

E_j = 수출량

a_{ij} = 투입-산출계수

C_j = 고정 복합요소량

MC_j = 한계비용

K_j = 자본수요량

CD_j = 민간부문의 복합재 수요량

s = 민간저축률

GS = 정부저축

ZD_j = 복합재 투자수요량

Q_j = 자본재 증가량

TB = 무역수지

e = 환율

신 동 천

θ_j = 투자분배율

K_j^* = 산업 j 의 자본량

TZ = 총투자

L^* = 노동공급량

◎ 참 고 문 헌 ◎

1. 강윤영, “에너지/탄소세가 국내경제에 미치는 영향: National CGE Model 결과 중심으로”, 에너지경제연구원, 1999.
2. 김일중·신동천, “탄소세가 철강·금속산업에 미치는 효과”, 『經濟學研究』, 제45집 제3호, 1997. 9, pp. 255~274.
3. 신동천, “輸入財와 國內財의 代替彈力性에 관한 研究”, 『經濟學研究』, 제44집 제1호, 1996, pp. 101~118.
4. _____, “화석연료세가 수출입구조에 미치는 영향”, 『자원경제학회지』, 제6권 제1호, 1996, pp. 1~21.
5. _____, “규모의 경제와 전력요금인상의 효과: 쿠르노-왈라스 CGE모형을 이용한 분석”, 『經濟學研究』, 제48집 제1호, 2000, pp. 273~295.
6. 에너지경제연구원, 『기후변화협약 대응 실천계획수립을 위한 연구』, 최종보고서, 1998. 12.
7. _____, 『에너지통계연보』, 2000.
8. 유상희, “탄소세의 산업부문별 영향”, 『자원경제학회지』, 제4권 제1호, 1994.
9. 정태용·최기홍, “주요산업에 대한 에너지/탄소세 영향분석”, 에너지경제연구원, 1994.
10. 조경엽, 『Top-Down 모형 구축을 위한 연구』, 에너지경제연구원, 1999. 7.
11. 한국은행, 『산업연관표(1970~1995)』, 1998, CD로 출판됨.
12. Armington, P., “A Theory of Demand for Products Distinguished by Place of Production,” *IMF Staff Papers* 16, 1969, pp. 159~178.
13. de Melo, Jaime and D. Roland-Holst, “Industrial Organization and Trade Liberalization: Evidence from Korea,” in Robert Baldwin (eds), *Empirical*

- Studies of Commercial Policy*, The University of Chicago Press, 1991, pp. 287~306.
14. Dervis, K., de Melo, J. and S. Robinson, *General Equilibrium Models for Development Policy*, Cambridge Univ. Press, 1982.
 15. Devarajan, S. and D. Rodrik, "Pro-competitive Effects of Trade Reform: Results from a CGE Model of Cameroon," *European Economic Review* 35, 1991, pp. 1157~1184.
 16. Harris, R., "Applied General Equilibrium Analysis of Small Open Economies with Scale Economies and Imperfect Competition," *American Economic Review* 77, 1984, pp. 1016~1032.
 17. Kehoe, P. and T. Kehoe, "A Primer on Static Applied General Equilibrium Models," *Federal Reserve Bank of Minneapolis Quarterly Review*, Vol. 18, No. 1, Spring 1994.
 18. Lächler, U., "The Elasticity of Substitution Between Imported and Domestically Produced Goods in Germany," *Weltwirtschaftliches Archiv* 121, 1985, pp. 74~96.
 19. Robinson, S., "Multisectoral Models," in H. Chenery and T. N. Srinivasan (eds), *Handbook of Development Economics*, Vol. II, 1989, pp. 884~947.
 20. Shiells, C., Stern, R. and A. Deardorff, "Estimates of The Elasticities of Substitution between Imports and Home Goods for The United States," *Weltwirtschaftliches Archiv* 122, 1986, pp. 497~519.
 21. Shin, Dong Cheon, "The Effects of An Environmental Tax on Trade: A CGE Approach to The Korean Case," *The Korean Economic Review*, Vol. 11, No. 1, 1995, pp. 5~15.

ABSTRACT

**Scale Economies and The Effects
of A Carbon Tax on Korean Economy :
A Cournot-Walrasian CGE Simulation**

Dong-Cheon Shin

The carbon tax is one of several measures to reduce the green-house gases emitted from burning the fossil fuels, which has been much discussed internationally. The analyses of the effects of a carbon tax on individual countries have been carried out by applying the computable general equilibrium (CGE) models, especially models with the assumption of non-existence of scale economies. However, the introduction of scale economies to CGE models changes the simulation results drastically. In this paper, two CGE models are used to compute and compare the economic and CO₂ reduction effects of a carbon tax, one of which is the model with scale economies and the other is without scale economies. One of main results is that the analysis using the CGE model without scale economies may underestimate the effects of a carbon tax on GDP and reducing the emission of CO₂.