

Section I

연구논문

시물레이션을 통한 녹색성장 정책 효과분석⁽¹⁾

이 지 순

이 연구는 “1인당 자원투입량을 줄이고 1인당 공해배출량을 줄이면서도 1인당 산출량과 고용량을 증가시킬 수 있는 방안이 있는가?”라는 물음에 대한 답을 제시하고 있다. 이를 위해 필자가 수행한 작업은, 녹색성장모형을 제시하고 그 해를 구한 다음 정책 시물레이션 작업을 통해서 모두에 제시한 물음에 대해 긍정적인 답을 줄 수 있는 정책 방안이 있음을 보인 것이다. 연구의 핵심은, 인위적인 자원저가정책을 폐지하고, 나아가 공해를 유발하는 자원사용에 대해 조세를 부과함으로써 가격왜곡을 시정하고, 조세부과를 통해 조성한 재원을 범용기술, 자원절감기술 및 공해방지 기술을 발전시키는 데 투자하면, 추가적인 자원조달의 문제를 걱정하지 않으면서도, 1인당 산출량 증가, 고용량 증가, 1인당 자원사용량 감소 및 1인당 공해배출량 감소 그리고 1인당 녹색소득 증가라는 목표를 달성할 수 있음을 보인 것이다.

주제어: 녹색성장, 자원가격 왜곡, 외부 비경제, 자원세(환경세, 녹색조세), 기술발전

1. 서론⁽²⁾

이 연구는 매우 간단한 경제모형을 이용해서 ‘좁은 의미’⁽³⁾의 녹색성장이 추구하는 바가 달성가능한지를 이론적으로 규명해보고자 하는 목적을 지닌다. 여기에서 좁은 의미의 녹색성장이 추구하는 바란 다음과 같은 세 가지 구체적인 목표를 말한다.

첫째, 넓은 의미로 해석한 경제전반의 ‘생산요소’로서의 (온실가스를 포함한 공해를 유발하는) 자원의 1인당 투입량을 줄이고 둘째, 경제활동의 결과로 발생하게 되는

-
- (1) 이 글은 한국연구재단 중견연구자지원(과제번호: 2012S1A5A2AD010178)사업의 1차년도 연구결과물이다. 녹색성장위원회의 후원으로 운영된 2012년도 하반기 월례 「녹색성장포럼」에서 이 논문작성과 관련하여 유익한 논평을 주신 노석재(한림대), 김민성(성균관대), 홍중호(서울대), 이충언(한림대), 김정욱(서울대) 교수 그리고 서울대학교 대학원 박사과정의 이병욱 군에게 감사드린다. 아울러 유익한 논평을 준 익명의 심사자들에게도 감사드린다.
 - (2) 이 연구에서 제시된 이론 모형은 Lee(2012a)에서 다룬 동학모형을 정학모형으로 단순화한 것으로 볼 수 있으며, Lee(2012b)에서 다룬 이론 모형을 심화 발전시킨 것이다.
 - (3) ‘넓은 의미’의 녹색성장은 환경(자원), 성장, 복지를 함께 아우르려는 ‘모든 사람이 행복한, 지속 가능한 녹색성장(sustainable green growth for all)’을 의미한다.

1인당 공해배출량을 줄이며 셋째, 1인당 산출량, 1인당 소득 그리고 총 고용량을 늘리는 것을 의미한다.

이중 셋째는 통상적인 경제성장의 목표이며, 첫째와 둘째는 자원절약과 공해 절감으로 대표되는 녹색 즉, 환경의 목표이다. 결국 성장과 녹색 목표를 동시에 달성하려는 것이 ‘좁은 의미’의 녹색성장이며, 이 연구는 그것이 가능한지 가능하다면 어떤 조건 하에서 가능한지를 이론적으로 규명하고자 한다.

제시된 모형은 아주 단순하다. 먼저 원재료(raw materials)를 구매한 다음 그것에 가공기술을 적용해서 보다 유용한 자원으로 변환시킨 결과물인 유효자원(effective materials)을 투입해서 단일 산출물을 생산하는 경제를 상정한다. 산출물에서 가공 전 원료 구매비용과 가공기술 이용료를 차감한 것이 소득이 되며 소득은 전량 소비된다.⁽⁴⁾ 인구변화의 문제는 고려하지 않고 있으므로 기술을 제외한 여타의 경제변수는 모두 인구 또는 근로자 1인당의 개념으로 본다. 예를 들면 1인당 자원투입량, 1인당 산출물, 1인당 공해배출량, 1인당 소득 등이다.

우리나라와 같은 가공 전 자원 수입국을 연구 대상으로 하므로 원재료는 전량 국제시장에서 구매하는 것으로 간주한다. 경제학적으로 볼 때 이는 세계시장에서 정해지는 자원가격에는 우리나라가 영향을 미칠 수 없고 따라서 자원가격을 주어진 것으로 보는 것(price taking behavior)에 해당한다. 한편 해외에서 구매하는 자원은 가공 과정을 거쳐야 생산요소로 쓰일 수 있다. 이때 기업들은 가공기술을 ‘구매’하거나 또는 빌려서 그것을 가공 전 원료에 적용해서 유효 생산요소로 변환한 다음 생산과정에 투입한다.

원료를 가공해서 유효자원으로 변환한 다음 이를 투입해서 산출물을 생산하는 과정 즉, 원료가공과정과 생산과정 그리고 생산된 제품을 유통하고 소비하며 폐기하는 과정에서 오염물질이 발생한다. 이 오염물질은 온실가스일 수도 있고 오염된 공기일 수도 있으며 폐수일 수도 있고 소음일 수도 있다. 어떤 것이건 우리에게 해가 된다는 점에서는 같고 또한 그것이 모든 사람에게 해가 됨에도 그것을 유발하는 당사자는 자기와는 무관한 것으로 간주한다는 점에서도 같다. 그러므로 원료가공, 생산, 유통, 소비, 폐기의 전 과정에서 배출되는 오염물질은 공해이다.

이러한 상황에서 핵심은 공해를 어떻게 다룰 것인가에 있다. 즉, 공해를 무시한 채

(4) 좀 더 동태적인 모형에서는 소득이 소비와 투자로 쓰이게 된다.

1인당 소득을 극대화하는 선택을 추구할 것인지 아니면 공해를 감안해서 1인당 소득에서 공해를 차감한 1인당 녹색소득을 극대화하는 선택을 추구할 것인지가 문제가 된다. 물론 어느 쪽을 선택하느냐에 따라서 산출량, 고용량, 소득, 공해배출량, 녹색소득 등이 달라진다. 일반적으로 보아서 공해를 무시하고 행동하면 공해를 고려해서 행동할 때 보다, 더 많은 자원을 사용해서 더 많은 산출물을 생산하게 되고 따라서 더 많은 근로자를 고용하게 된다. 그러나 더 많은 양의 공해를 배출하게 되어 1인당 녹색소득은 공해를 고려할 때 보다 작아지게 된다. 반면에 공해를 고려해서 행동하면 그렇지 않았을 때 보다 더 적은 양의 자원을 사용해서 더 적은 양의 산출물을 생산하게 된다. 그 결과 고용량은 적어진다. 그렇지만 더 적은 양의 공해를 배출하게 되므로 1인당 녹색소득은 공해를 무시하고 행동했을 때 보다 커진다. 이는 이 사회가 산출량과 고용량을 많게 하는 공해무시 방안을 채택하고 그 결과 자원을 많이 사용하고 공해를 많이 배출하는 고산출-고공해 전략을 채택할 것인지, 산출량과 고용량을 적게하는 공해중시 방안을 채택하고 그 결과 자원을 적게 사용하고 공해를 적게 배출하는 저산출-저공해 전략을 채택할 것인지에 관한 양자택일의 문제를 제시한다.⁽⁵⁾

우리의 연구가 여기에서 그친다면 새로울 게 없다. 위에서 본 양자택일의 문제는 그 동안 수많은 관련 연구에서 도출되었던 결론이다. [관련된 연구문헌에 대한 개관은 Taylor and Brock(2006)을 참조하라.] 이 단계에서 우리의 연구는 다음과 같은 정책 조합을 활용할 것을 제안한다. 즉, 한편에서는 적절한 조세부과를 통해 개별경제주체들로 하여금 공해를 고려해서 행동하는 사회적 의사결정자처럼 행동하도록 유도하고 즉, 그것을 통해서 사회적으로 볼 때 최적의 선택을 하도록 유도하고, 동시에 조세부과를 통해 조달한 자원을 재원으로 해서 경제의 전반적인 기술수준, 자원가공기술, 공해방지기술, 공해치유기술 등을 발전시키기를 제안한다. 이 연구는 그러한 정책 대안이 성공하면 아무 것도 하지 않았을 때에 비해서, 1인당 자원투입량과 1인당 공해배출량이 줄며, 1인당 산출량과 1인당 소득과 총 고용량 그리고 1인당 녹색소득이 늘어나는 결과를 가져올 수 있음을 구체적인 정책 시뮬레이션 작업을 통해서 보여준다. 즉, 우리가 언급한 ‘좁은 의미’의 녹색성장이 추구하는 바를 달성할 수

(5) 양자 가운데 어느 것을 선택하는가 하는 문제는 정치적 선택의 문제이다. 현실에서는 공해를 완전히 무시하거나 반면에 완전하게 내부화하는 양자택일이 아니라 공해를 어느 정도 내부화할 것인가가 관건이 된다.

있음을 보인다. 이는 성장과 환경이 하나를 얻으려면 다른 것을 희생해야 하는 양자택일의 문제가 아니라 두 가지를 모두 달성할 수도 있음을 보이는 것이다. 이것이 이 연구가 기존 연구에 더해 공헌하는 바이다.

그런데 이러한 논의는 여전히 한 가지 중요한 결함을 지닌다. 조세를 부과하고 그것을 재원으로 해서 수준 높은 기술을 '선택'하는 것을 통해서 1인당 산출량과 총 고용량, 1인당 소득 및 1인당 녹색소득을 증가시키면서도 1인당 자원사용량과 1인당 공해배출량을 줄일 수 있다는 사실은 분명히 매우 바람직한 결과이다. 문제는 일단 사회적으로 보아 최적 상태에 도달하면 더 이상 그 상태를 개선할 여지가 없어진다는 데 있다. 물론 사회적인 최적 상태에 도달하는 것만으로도 대단한 일이지만 일단 그 상태에 도달하면 더 이상 할 수 있는 일이 없어지는 것이 문제이다. 이 점에 관해 이 연구는 다음과 같은 해법을 제시한다.

위에서 언급한 최적 기술선택은 주어진 여건 하에서 기술선택에서 얻는 한계편익과 기술선택에 드는 한계비용이 일치하도록 하는 기술을 선택하는 것을 의미한다. 따라서 정부가 기술선택에 따르는 한계편익과 한계비용을 변화시킬 수 있으면 최적 선택도 달라진다. 보다 구체적으로 예를 들어 기술선택에 따르는 한계편익은 늘리고 한계비용은 낮추는 조치를 취하면 더 높은 수준의 기술을 선택하게 된다. 더 높은 수준의 기술을 선택하면 처음보다 낮은 조세율을 적용하면서도 1인당 자원사용량과 1인당 공해배출량을 줄이고 1인당 산출량과 총 고용량과 1인당 소득 및 1인당 녹색소득을 늘릴 수 있다. 이러한 결론은 기술발전 정책에 관하여 많은 것을 시사해준다.

이 연구는 다음과 같이 구성된다. 먼저 서론에 이은 제2절에서는 모형을 제시하고 그 해를 찾아내는 작업을 수행한다. 제3절에서는 모형의 해가 지니는 경제적인 의미를 찾아본다. 제4절에서는 공해를 무시하고 행동하는 사적 행동이 공해를 고려하고 행동하는 공적 행동과 일치하도록 만드는 방안에 관해 알아본다. 여기에는 크게 강제력을 활용하는 방안과 조세와 보조금 정책을 활용하는 방안이 있다. 제5절에서는 정책 시뮬레이션을 통해서 제4절에서 제시한 방안들이 어떤 변화를 유발하는지 수량적으로 알아본다. 이 절의 핵심적인 결론은 조세부과와 기술발전에 대한 보조금 정책을 병행해서 활용하면 녹색성장이 추구하는 목표 즉, 자원사용량 감소, 공해배출량 감소 및 산출량과 고용량 증가라는 목표를 모두 달성할 수 있음을 수치적으로 보여준 데 있다. 제6절에서는 기술선택에 대해 고찰한다. 녹색성장이 목표로 하는 바람직한 결과를 가져오는 두 가지 축 가운데 하나가 기술 진보이므로 기술선택 또는 기술

개발 이슈가 중요하다. 제7절에서는 이 연구가 지닌 한계점에 관해 서술한다.

2. 모형

2.1 모형의 제시

1인당 산출량 y 의 생산함수는 식 (2.1)과 같다.

$$(2.1) \quad y = A \cdot (Dx)^\alpha, 0 < \alpha < 1$$

여기에서 A 는 경제의 전반적인 생산성 또는 기술수준을 나타내며⁽⁶⁾ Dx 는 유효 자원(effective resources)의 양을 나타낸다. 식 (2.1)에서 보듯이 유효 자원 Dx 가 유일한 생산요소이다. (이는 논의의 단순화를 위해 물적 자본, 인적 자본, 노동력 등 여타의 생산요소를 무대의 뒤편에 숨겨두었음을 의미한다.) 여기에서 D 는 원재료(raw materials) x 를 유효 자원으로 변환시키는 가공기술수준을 나타낸다. 이는 기술 D 를 써서 원재료 x 를 유효 자원 Dx 로 가공(변환)해야 생산요소로 쓰일 수 있음을 의미한다. 지금 단계의 논의에서는 경제의 전반적인 기술 A 를 주어진 파라미터로 취급한다.

가공 전 원재료 x 는 예를 들어 원유에 해당되며, D 는 원유를 정제하거나 그것을 사용해서 전력을 생산함으로써 원유를 정제유나 전력 등의 유효 생산요소로 변환하는 기술을 나타낸다. 1인당 산출물 y 의 생산과정에 투입되는 원재료 x 는 전량 국제시장에서 단가 c 에 구입한다. 따라서 그 구매 대금 cx 는 해외로 이전되며 국내에는 $y - cx$ 만 남게 된다. 또한 기업은 가공되지 않은 자원 x 를 가공하는 기술 D 를 기술 개발자로부터 $d \cdot D^\theta$ 의 비용을 지불하고 구매한다. 여기에서 파라미터 θ 는 1보다 큰 값을 가지는 것으로 가정한다. 이는 가공기술 D 의 공급곡선이 우상향함을 즉, 한계생산비가 체증함을 의미한다. 한편 기술 개발자는 시장에서 $d \cdot D^\theta$ 어치의 산출물을 구매한다. 다음 거기에다 자기가 보유한 아이디어를 접목해서 가공기술 D 를 생산하고 그것을 최종 산출물 생산자에게 $d \cdot D^\theta$ 를 받고 판매한다.⁽⁷⁾ (가공기술 생산자가 획득하는 이윤은 0으로 상정한다.)

국민계정의 관점에서 보면 $y - dD^\theta$ 는 1인당 GDP가 되고 $y - cx - dD^\theta$ 는 1인당

(6) A 를 범용기술이라고 부를 수 있다.

(7) 이는 가공기술 생산업자가 한 개의 기업에게만 기술을 판매하는 상황을 상정한 것이다.

GNI가 된다. (이하에서 1인당 변수는 모두 소문자로 표현한다.)⁽⁸⁾

생산 및 소비의 과정에서 공해가 발생한다. 1인당 공해발생량 z 는 식 (2.2)와 같이 정해진다.

$$(2.2) \quad z = \frac{1}{B_1} \cdot x + \frac{1}{B_2} \cdot y$$

식 (2.2)에서 1인당 공해 z 는 생산량 y 와 동일한 단위를 갖는 것으로 가정한다. 식 (2.2)에서 보듯이 1인당 공해의 양은 생산과정에 투입되는 원재료의 양 x 와 생산되어 쓰이는 재화의 양 y 에 비례해서 정해진다. 논의의 단순화를 위해 ‘공해생산함수’를 선형으로 가정하고 있다.

식 (2.2)에서 B_1 은 x 를 가공하고 가공된 자원을 투입해서 산출물을 생산하는 과정에서 발생하는 공해를 방지하고 치유하는 기술수준을 나타내며 B_2 는 생산된 재화 y 를 유통하고 소비하며 폐기물로 처리하는 과정에서 발생하는 공해를 방지하고 치유하는 기술수준을 나타낸다. B_1 또는 B_2 의 크기가 클수록 즉, 공해방지 및 치유기술이 앞서 있을수록 동일한 양의 x 또는 y 를 사용하면서도 적은 양의 공해를 배출하게 된다. 식 (2.2)에서 B_1 과 B_2 는 모두 1보다 큰 양의 값을 지니는 것으로 가정한다. 또한 현 단계의 논의에서는 이들 공해관련 기술을 모두 주어진 것으로 간주한다.

공해 z 를 어떻게 다루느냐에 따라서 의사결정 내용이 달라진다. 여기에서는 논의를 명확하게 하기 위해 극단적인 가정을 취한다. 즉, 사적 의사결정주체는 공해 z 를 본인과는 관계없는 100% 외부적인 것으로 인식하고, 사회적 의사결정주체는 공해 z 를 100% 내부화하는 것으로 간주한다. (현실 세계에서는 사적 의사결정주체라도 공해를 100% 외부화하지는 않으며 사회적 의사결정주체라도 공해를 100% 내부화하지는 않는다.)

2.2 사적 의사결정

사적 의사결정주체는 공해를 무시하므로 식 (2.3)에 주어진 이윤을 극대화하도록 원료 구매량 x 및 가공기술 D 를 정한다.⁽⁹⁾

(8) 기술생산에 따르는 부가가치가 0으로 상정되어 있음에 유의하라.

(9) 이하에서 괄호 안의 p 는 사적 선택을 그리고 s 는 사회적 선택의 결과를 나타낸다.

$$(2.3) \quad \pi(p) = A \cdot (Dx)^\alpha - c \cdot x - d \cdot D^\theta$$

사적 이윤 $\pi(p)$ 를 극대화하는 1계조건에서 식 (2.4)의 관계식을 얻게 된다.

$$(2.4) \quad D(p) = \left(\frac{c}{d\theta}\right)^{1/\theta} [x(p)]^{1/\theta}$$

이 식을 이용해서 1계조건(first order condition)을 만족시키는 해를 구하면 아래와 같다.

$$(2.5) \quad x(p) = (\alpha A)^{\frac{1}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left(\frac{1}{c}\right)^{\frac{1-\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left(\frac{1}{d\theta}\right)^{\frac{\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}}$$

$$(2.6) \quad D(p) = (\alpha A)^{\frac{1/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \cdot \left(\frac{1}{c}\right)^{\frac{\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \cdot \left(\frac{1}{d\theta}\right)^{\frac{(1-\alpha)/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}}$$

식 (2.5)와 (2.6)을 식 (2.1)에 대입하면 사적 선택의 결과로 정해지는 1인당 산출량을 아래와 같이 구할 수 있다.

$$(2.7) \quad y(p) = A^{\frac{1}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \alpha^{\frac{\alpha(1+1/\theta)}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left(\frac{1}{c}\right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left(\frac{1}{d\theta}\right)^{\frac{\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}}$$

여기에서 원재료 x 의 구매비용과 기술 D 의 구매비용을 차감하면 1인당소득 즉, $gni(p)$ 를 얻게 된다.⁽¹⁰⁾ 한편 사적 선택의 결과로 정해지는 1인당 오염물질(공해)의 양은 아래와 같이 정해진다.

$$(2.8) \quad z(p) = \frac{1}{B_1} \cdot x(p) + \frac{1}{B_2} \cdot y(p)$$

이 식에서 $x(p)$ 와 $y(p)$ 는 각기 식 (2.5)와 식 (2.7)에서 정해지는 값을 의미한다.

끝으로 식 (2.5)로 정해지는 $x(p)$ 값과 식 (6)으로 정해지는 $D(p)$ 값을 식 (2.3)에 대입하면 사적선택의 결과로 얻게 되는 이윤 $\pi(p)$ 값이 정해지고, 거기에서 식 (2.8)로

(10) 이는 가공기술 D 를 국내에서 구매하는 것으로 본 것이다. 원재료 x 의 구매비용은 국외로 나감에 유의하자.

주어진 공해 $z(p)$ 를 차감하면 이 경제의 1인당복지를 나타내는 1인당 녹색소득 즉, $green\ gni(p) = w(p)$ 가 아래와 같이 정해진다.

$$(2.9) \quad \begin{aligned} w(p) &= \left(1 - \frac{1}{B_2}\right) \cdot y(p) - \left(c + \frac{1}{B_1}\right) \cdot x(p) - d \cdot [D(p)]^\theta \\ &= \left(1 - \frac{1}{B_2}\right) \cdot y(p) - \left[c \left(1 + \frac{1}{\theta}\right) + \frac{1}{B_1} \right] \cdot x(p) \end{aligned}$$

이 식에서 첫째 줄에서 둘째 줄로 넘어가면서 식 (2.4)를 써서 $D(p)$ 를 $x(p)$ 의 함수로 치환했음에 유의하자.

2.3 사회적 의사결정

사회적 의사결정주체는 공해를 완전하게 내부화하므로 식 (2.10)을 극대화하도록 가공 전 원료 $x(s)$ 와 가공기술 $D(s)$ 를 결정하게 된다.

$$(2.10) \quad \begin{aligned} \pi(s) &= A \cdot (Dx)^\alpha - c \cdot x - d \cdot D^\theta - \frac{1}{B_1} \cdot x - \frac{1}{B_2} \cdot A \cdot (Dx)^\alpha \\ &= \left(1 - \frac{1}{B_2}\right) A \cdot (Dx)^\alpha - \left(c + \frac{1}{B_1}\right) \cdot x - d \cdot D^\theta \end{aligned}$$

식 (2.10)은 사회적 이윤을 나타내지만 식 (2.9)와 대비해 보면 이것이 곧 사회적 복지수준 또는 사회적 녹색 gni 가 됨을 알 수 있다. 즉, 사회적 의사결정주체가 최적화하는 것은 사회적 복지인 사회적 녹색 gni 이다.

식 (2.10)을 최적화하는 1계조건으로부터 식 (2.11)을 얻게 된다.

$$(2.11) \quad D(s) = \left[\frac{c + 1/B_1}{d\theta} \right]^{1/\theta} \cdot [x(s)]^{1/\theta}$$

이 식을 이용해서 1계조건을 만족시키는 해를 구하면 다음과 같다.

$$(2.12) \quad x(s) = \left[\left(1 - \frac{1}{B_2}\right) \alpha \cdot A \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left[\frac{1}{c + 1/B_1} \right]^{\frac{1-\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left(\frac{1}{d\theta} \right)^{\frac{\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}}$$

$$(2.13) \quad D(s) = \left[\left(1 - \frac{1}{B_2} \right) \alpha A \right]^{\frac{1/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \cdot \left(\frac{1}{c+1/B_1} \right)^{\frac{\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \cdot \left(\frac{1}{d\theta} \right)^{\frac{(1-\alpha)/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}}$$

식 (2.12)와 식 (2.13)을 식 (2.1)에 대입하면 사회적 선택의 결과로 정해지는 1인당 생산량 $y(s)$ 를 다음과 같이 구할 수 있다.

$$(2.14) \quad y(s) = A^{\frac{1}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left[\left(1 - \frac{1}{B_2} \right) \alpha \right]^{\frac{\alpha(1+1/\theta)}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left[\frac{1}{c+1/B_1} \right]^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left(\frac{1}{d\theta} \right)^{\frac{\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}}$$

이때 사회적 선택의 결과로 배출되는 공해의 양은 아래와 같이 정해진다.

$$(2.15) \quad z(s) = \frac{1}{B_1} \cdot x(s) + \frac{1}{B_2} \cdot y(s)$$

식 (2.15)에서 $x(s)$ 와 $y(s)$ 는 각각 식 (2.12) 및 식 (2.14)로 정해지는 값을 의미한다. 끝으로 사회적 선택의 결과로 얻게 되는 사회적 녹색소득 $green\ gni(s) = w(s)$ 는 다음과 같이 정해진다.

$$(2.16) \quad \begin{aligned} w(s) &= \left(1 - \frac{1}{B_2} \right) y(s) - \left(c + \frac{1}{B_1} \right) x(s) - d \cdot [D(s)]^\theta \\ &= \left(1 - \frac{1}{B_2} \right) \cdot y(s) - \left(c + \frac{1}{B_1} \right) \left(1 + \frac{1}{\theta} \right) \cdot x(s) \\ &= \left[\left(1 - \frac{1}{B_2} \right) \alpha A \right]^{\frac{1}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left(\frac{1}{c+1/B_1} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left(\frac{1}{d\theta} \right)^{\frac{\alpha/\theta}{1-\alpha-\alpha/\theta}} \left[\frac{1-\alpha-\alpha/\theta}{\alpha} \right] \end{aligned}$$

식 (2.16)의 첫째 줄에서 둘째 줄로 넘어갈 때 식 (2.11)을 이용해서 $D(s)$ 를 $x(s)$ 로 대치하였음에 유의하자. 이 식의 마지막 줄은 식 (2.12)와 식 (2.14)로 주어진 $x(s)$ 와 $y(s)$ 의 값을 식 (2.16)의 둘째 줄에 대입하고 정리한 것이다. 식 (2.16)의 셋째 줄을 보면 괄호 안의 들어 있는 네 개의 구성요소가 모두 양의 값을 지님을 알 수 있다. 이는 공해를 고려해서 행동할 때 얻게 되는 1인당 녹색소득의 값이 언제나 0보다 큰 값을 지니게 됨을 보여준다.

3. 모형의 해에 관한 해석

3.1 원료 투입량 및 가공기술 수준

식 (2.5)와 (2.6)을 식 (2.12)와 (2.13)과 견주어 보면, 공해를 무시하는 사적 선택이 공해를 내부화하는 사회적 선택에 비해서 원료투입량과 원료가공기술 수준을 모두 더 큰 값으로 선택함을 알 수 있다. 즉, 공해를 무시하면 사회적으로 바람직한 양보다 자원을 더 많이 사용하게 된다. 이는 물론 당연한 결과다. 그러나 사적 의사결정 주체가 사회적 의사결정주체보다 더 진전된 원료가공기술을 선택한다는 결과는 ‘상식’과는 다른 것으로 보인다. 그렇지만 이러한 결과가 나오는 것은 생산과정에서 원료투입량과 가공기술수준이 하나로 결합되어 선택되기 때문이다. 사적 의사결정주체가 진전된 원료가공기술수준을 택한다는 것은 동일한 양의 최종생산물을 만들면서 가공 전 원료는 더 적게 투입하는 선택을 한다는 의미이다.⁽¹¹⁾

가공 전 원료투입량과 원료가공기술수준은 경제의 전반적 생산성 수준 A 의 증가함수이며, 가공 전 원료가격 c 의 감소함수이고, 가공기술의 생산비를 나타내는 파라미터 d 의 감소함수이다. 즉, A 가 클수록 더 많은 양의 원료와 더 진전된 수준의 가공기술을 선택하고, c 가 클수록 즉, 가공 전 원료의 구매가가 비쌀수록 더 적은 양의 원료와 덜 진전된 가공기술을 선택하며, 가공기술을 진전시키는 일에 비용이 많이 들수록 더 적은 양의 원료와 덜 진전된 가공기술을 선택하게 된다.

공해를 방지하거나 정화하는 기술, 이를 공해관련 기술이라고 부르자, B_1 또는 B_2 의 크기는 사적 선택에는 아무런 영향을 주지 않지만, 사회적 선택에는 영향을 준다. 즉, 식 (2.12) 및 식 (2.13)에서 보듯이 사회적 의사결정자는 공해방지 및 정화기술이 진전될수록 가공 전 원료의 투입량을 늘리고 동시에 더 진전된 가공기술을 선택한다. 공해를 방지하거나 공해로 인한 피해를 복구하기가 쉬워지면 그만큼 동일한 규모의 경제활동을 전개하고도 전보다 적은 양의 공해를 배출하는 것이 되므로 원료투입량을 늘리고 더 좋은 가공기술을 사용하게 되는 것이다.

(11) 식 (4)와 식 (11)을 견주어 보면, x 의 투입량이 동일한 경우에 사회적 선택이 사적 선택보다 더 진전된 기술을 갖게 됨을 볼 수 있다. 이를 진전된 D 를 택함으로써 자원사용량 x 를 줄이려는 시도로 이해할 수 있다.

3.2 최종산출물 생산량

식 (2.7)과 식 (2.14)를 견주어 보면, 사적 선택의 결과로 정해지는 최종생산물의 양이 사회적 선택으로 정해지는 그것보다 큼을 알 수 있다. 공해를 무시하면 원료를 더 많이 투입하고 더 진전된 가공기술을 택하게 되므로 생산량이 더 커지게 되는 것이다. 결국 공해를 무시하면 원료를 많이 투입함과 동시에 더 진전된 가공기술을 채택하게 되고 그 결과 더 많은 양의 최종산출물을 생산하게 되는 것이다. 우리가 경제의 좋고 나쁨을 최종산출물의 양으로 즉, 생산 활동의 규모와 고용량을 기준으로 판단한다면, 공해를 무시하는 게 좋다는 결론을 얻게 된다.

최종산출물의 생산량은 경제의 전반적 생산성 수준 A 의 증가함수이며, 원료가격 c 의 감소함수이고, 가공기술의 구매가격을 반영하는 d 의 감소함수이다. 한편 공해관련 기술 B_1 과 B_2 의 크기는 사적 의사결정의 결과로 정해지는 최종산출물의 크기에는 영향을 주지 않으나, 사회적 의사결정의 결과로 정해지는 최종산출물의 크기에는 영향을 준다. 구체적으로 보면, 공해관련 기술이 진전될수록 즉, B_1 또는 B_2 가 큰 값을 지닐수록 사회적 의사결정의 결과로 정해지는 최종산출물의 생산량이 많아지게 된다. 같은 양의 산출물을 생산하면서도 전보다 공해를 적게 배출하게 되니 생산량을 늘리게 되는 것이다.

3.3 공해배출량

식 (2.8)과 식 (2.15)를 견주어 보면, 사적 선택의 결과로 정해지는 공해의 양이 사회적 선택의 결과로 정해지는 공해의 양보다 크게 정해짐을 알 수 있다. 공해를 무시하면 더 많은 양의 공해를 배출하는 것이므로 이는 당연한 일이라 하겠다.

공해배출량은 경제의 전반적 생산성 A 의 증가함수이며, 원료가격 c 의 감소함수이고, 가공기술 비용 d 의 감소함수이다.

경제의 전반적인 생산성 A 가 향상되면 가공 후 원료의 한계생산성이 높아지므로 가공 후 원료를 더 많이 투입하게 되고, 더 많은 양의 가공 후 원료를 투입하는데다 생산성이 높아졌으므로 산출량이 증가하게 된다. 공해를 유발하는 가공 전 원료 투입량이 증가하고 유통과 소비의 과정에서 공해를 유발하는 산출물의 생산량이 늘어나므로 공해배출량이 증가하게 되는 것이다.

가공 전 원료 x 의 가격 c 가 상승하면 가공 전 원료의 투입량을 줄이게 된다. 원료 투입량을 줄이면 가공 기술도 더 낮은 수준의 것을 선택하게 된다. 그 결과 가공 후

원료 투입량 Dx 가 비교적 크게 줄어들게 된다. 이는 당연히 산출물 y 의 생산량을 감소시킨다. 즉, 가공 전 원료의 가격이 상승하면 원료 투입량 및 산출량이 모두 줄어든다. 공해를 유발하는 x 와 y 의 규모가 작아지므로 공해배출량 z 역시 줄어들게 되는 것이다. 결국 c 의 상승은 공해배출량 z 의 감소를 가져온다. 이는 원료가공기술의 비용을 나타내는 파라미터 d 의 값이 커지는 경우에도 그대로 적용된다.

공해관련 기술⁽¹²⁾ B_1 또는 B_2 의 크기가 공해배출량 z 에 어떤 영향을 줄지는 일견 불분명하다. 사적 선택의 경우에는 분명히 공해배출량을 줄인다. 그러나 사회적 선택의 경우에는, B_1 또는 B_2 가 당초보다 큰 값을 갖는 경우에 가공 전 자원투입량 x 와 산출물 생산량 y 가 늘어난다. 이는 공해배출량을 늘리는 요인이 된다. 그러나 B_1 또는 B_2 가 커지면 즉, 공해관련기술이 발전하면, 동일한 규모로 경제활동을 영위하고도 공해배출량은 전보다 줄어들게 된다. 따라서 최종적인 결과가 어떻게 될지 일견 불분명하다. 그러나 공해관련기술의 발전을 꾀하면서 그 결과로 공해배출량이 증가하는 결과를 만든다는 것은 모순이다. 실제로 z 를 B_1 또는 B_2 에 대해 미분한 값을 보면 그 부호가 모두 마이너스임을 알 수 있다. 즉, 공해관련기술이 진전되면 공해배출량은 줄어든다. (다음 절의 시뮬레이션 결과가 그러한 사실을 보여준다.)

3.4 녹색소득 또는 녹색복지

식 (2.9)와 식 (2.16)을 통해 사적 선택의 결과와 사회적 선택의 결과가 녹색소득 또는 녹색복지 *green gni*의 수준을 어떻게 변화시키는지 알아볼 수 있다. 지금까지 우리가 알아낸 것은 $y(p) > y(s)$ 이고, $x(p) > x(s)$ 이며, $D(p) > D(s)$ 이고, $z(p) > z(s)$ 라는 사실이다. 즉, 사적 선택의 최종산출물의 생산량, 가공 전 원료투입량, 가공기술수준 및 공해배출량이 더 큰 값을 갖는다는 사실이다. 그러나 우리가 진정으로 관심을 가져야 할 것은 녹색복지 즉, 1인당녹색소득 $w(p)$ 와 $w(s)$ 의 크기이다. 전자는 $(1 - 1/B_2)y(p) - (c + 1/B_1)x(p) - d(D(p))^{\theta}$ 로 주어지며 후자는 이 식에서 (p) 를 (s) 로 대체한 것으로 주어진다. 양자를 견주어 볼 때 첫 번째 항목인 1인당산출량은 사적 선택의 경우가 더 크지만 거기에서 차감해야 할 원료 및 기술 구입비용과 공해배출량 역시 사적 선택의 경우가 더 크므로 양자의 차이로 정해지는 녹색복지는 어느 경우가 더 클지 불분명해 보인다.

(12) 앞 페이지에서 공해를 방지하거나 치유하는 기술을 통틀어서 공해관련기술이라고 부르기로 하였음을 상기하라.

복잡한 계산과정을 거쳐서 $w(s) > w(p)$ 즉, 사회적 선택의 결과로 얻게 되는 녹색복지가 사적 선택의 결과로 얻게 되는 그것보다 큼을 보일 수 있다. 그러나 그 계산과정이 매우 복잡하므로 필자가 선택한 대안은 시뮬레이션을 통해 그러한 사실을 보이는 것이다.⁽¹³⁾

4. 사적 선택을 사회적 선택과 같게 만드는 방안들

전 항에서 알아본 바와 같이 공해를 무시하고 내리는 사적 선택과 공해를 감안해서 내리는 사회적 선택은 상이한 결과를 가져온다. 우리가 공해가 갖는 해악을 고려해서 의사결정을 하는 것이 옳다는 데 동의한다면, 사적 선택이 아니라 사회적 선택이 더 바람직한 것으로 간주함이 마땅하다. (이에 관해서는 거의 모든 경제학자가 동의하는 것으로 보인다.) 그렇다면 사적 선택을 사회적 선택과 동일하게 만드는 방안은 없는가? 몇 가지 방안이 있다.

4.1 강제 조치 1: 공해를 유발하는 자원 사용량에 대한 규제

이는 정부가 지닌 힘을 활용해서 민간 경제주체들로 하여금 사회적으로 바람직한 수준에 걸 맞는 경제활동을 영위하도록 강제하는 정책이다. 규제가 그 대표적인 예이며 우리가 고려하는 자원 및 공해 문제에 있어서는 목표할당제가 이에 해당한다.

이전 항에서 보았듯이 1인당 가공 전 원료투입량, 원료 가공 기술수준, 1인당 최종생산물 산출량, 1인당 gni , 1인당 공해배출량 그리고 1인당 녹색소득(녹색복지)에 관한 사회적 선택은 $x(s), D(s), y(s), \pi(s), z(s), w(s)$ 이고 사적 선택은 $x(p), D(p), y(p), \pi(p), z(p), w(p)$ 이다. 표기의 편의상 전자를 s 그리고 후자를 p 라고 부르자.

강제 조치란 민간 경제주체들로 하여금 처음부터 s 를 선택하도록 강제하는 것을 말한다. 즉, 정부가 s 를 찾아내어 민간 경제주체들에게 p 가 아니라 s 를 선택하도록 강제하는 것이다. 이것이 규제 또는 목표할당제의 의미이다. 이 정책이 많은 집행비용을 들이지 않고 또한 커다란 부작용을 낳지 않고 시행되어 효과를 발휘한다면 강제 조치를 취하는 것도 나쁘지 않다.

우리가 고려하는 문제의 경우, 사회적으로 바람직한 상태 s 를 구성하는 요소가 적

(13) 공해가 갖는 해악을 고려해서 최선의 방안을 찾은 결과가 그렇게 하지 않았을 때 얻은 결과보다 사회적 후생의 관점에서 더 열악한 것일 수는 없다.

어도 여섯 가지가 되므로 민간 경제주체들로 하여금 그 여섯 가지를 정부가 정한 대로 따라하도록 강제하는 것이 어려운 일처럼 보인다. 그러나 우리가 고려하는 문제는 그에 관한 한 의외로 단순하다. 전 항의 모형에서 보듯이 원료가공 기술수준, 1인당 생산량, 1인당 gni , 1인당 공해배출량 그리고 1인당 녹색소득은 모두 1인당 가공 전 원료투입량의 함수로 정해진다. 따라서 x 만 $x(s)$ 가 되게 하면 다른 변수들은 자연스럽게 $D(s), y(s), \pi(s), z(s), w(s)$ 등으로 정해지게 된다. 그러므로 우리가 고려하는 경제에서는 강제 조치를 취하는 것이 비교적 용이하다. 정책 담당자가 할 일은 사회적 복지를 최대화하는 가공 전 원료투입량을 찾아내어 민간 기업들로 하여금 가공 전 원료를 그만큼 사용하도록 강제하면 된다.⁽¹⁴⁾

4.2 강제 조치 2: 공해 배출량에 대한 규제

정부가 취할 수 있는 또 하나의 강제 조치는 민간부문이 경제활동의 결과로 배출하는 공해의 양이 일정 수준을 넘지 않도록 규제하는 것이다. 이는 우리가 고려하는 모형에서 1인당 공해 배출량 z 가 정부가 정한 수준 \bar{z} 를 넘기지 않도록 규율하는 정책이다.

1인당 공해 배출량이 \bar{z} 를 넘기지 않도록 하는 규제 조치를 취하면 민간부문의 선택이 어떻게 달라질까? 이 물음에 대한 답은 다음과 같은 제약조건하에서의 선택의 결과로 정해진다.

$$\begin{aligned} \text{Max } \pi &= A \cdot (Dx)^\alpha - c \cdot x - d \cdot D^\theta \\ \text{subject to} \\ (4.1) \quad \frac{1}{B_1} \cdot x + \frac{1}{B_2} \cdot A \cdot (Dx)^\alpha &\leq \bar{z} \end{aligned}$$

이는, 민간 경제주체들이 자기들이 원하는 대로 x 와 D 를 선택하게 허용하되 다만 그러한 선택의 결과로 나타나는 1인당 공해물질 배출량의 크기가 정부가 정한 수준이 \bar{z} 를 넘지 않도록 해야 한다는, 경제문제이다.

제약조건이 있으므로 식 (4.1)로 주어진 문제는 식 (2.3)으로 주어진 문제와 다르

(14) 강제하기가 용이하다는 것은 우리가 고려하는 모형에서 그렇다는 것이지 실제에서는 매우 어렵고 비용이 많이 드는 일이다.

다. 즉, 식 (2.3)에서는 아무런 제약 없이 이윤을 극대화하는 선택을 할 수 있음에 비해 식 (4.1)에서는 1인당 공해 배출량이 정부에서 정한 수준을 넘지 않는 범위 내에서만 이윤을 극대화하는 선택을 할 수 있다. 당연한 일이지만, 제약조건이 없는 (2.3)의 경우가 제약조건이 있는 (4.1)의 경우보다 선택에 제약을 덜 받게 된다.

제약조건이 있는 상태에서의 선택은 제약조건이 얼마나 타이트하나에 따라서 달라질 것이다. 우리는 전 항에서 아무런 제약조건이 없는 사적 선택의 결과로 정해지는 1인당 공해배출량이 $z(p)$ 이고 공해를 완전하게 고려해서 행하는 사회적 선택의 결과로 정해지는 1인당 공해배출량이 $z(s)$ 가 됨을 보았다. 당연히 $z(p) > z(s)$ 가 된다. 이로부터 정부가 정할 공해배출 허용량 \bar{z} 가 $z(s) \leq \bar{z} \leq z(p)$ 를 만족시키는 값으로 정해질 것임을 알 수 있다. \bar{z} 를 $z(p)$ 보다 크게 정하면 이 제약조건은 전혀 바인딩하지 않는다. 왜냐하면 아무런 제약조건이 없어도 시민들은 공해배출량이 $z(p)$ 를 넘어서는 선택은 하지 않을 것이기 때문이다. 반면에 \bar{z} 를 $z(s)$ 보다 작게 정할 필요도 없다. 사회적인 관점에서 볼 때 가장 적합한 공해배출량은 $z(s)$ 이므로 그것보다 적은 양을 배출하도록 규제하는 것은 과잉 규제에 해당한다.

제약조건이 있을 때 시민들은 어떤 선택을 하게 될까? 정확한 답은 위의 문제 (4.1)을 풀어서 구할 수 있으나 수식을 풀지 않더라도 주어진 상황에서 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다. 만일 정부가 규제수준을 $\bar{z} = z(p)$ 로 정하면, 제약조건하에서의 선택은 제약조건이 없을 때의 사적 선택 $x(p)$ 와 동일해진다. 이는 규제가 있더라도 그 정도가 매우 약해서 실제로는 규제가 없는 것과 같은 상황을 나타낸다. 반면에 만일 정부가 규제수준을 $\bar{z} = z(s)$ 로 정하면 제약조건하에서의 선택은 사회적 선택 $x(s)$ 와 동일해진다. 이는 규제를 충분히 강하게 적용함으로써 사적 선택이 사회적 선택과 같아지도록 하는 정책에 해당한다.

실제의 규제수준 \bar{z} 는 $z(s)$ 보다는 크게 그러나 $z(p)$ 보다는 작게 정해질 것이다. 제약조건하에서 정해지는 요소투입량의 크기를 \bar{x} 라 하면, \bar{x} 는 $x(p)$ 보다는 작게 그러나 $x(s)$ 보다는 크게 정해질 것이다. 즉, 규제수준이 $z(s)$ 에서 $z(p)$ 로 느슨해짐에 따라서 요소투입량이 $x(s)$ 에서 $x(p)$ 로 증가하게 된다. 이제 이 점을 이해하기 위해서 식 (4.1)로 주어진 문제를 풀어보기로 하자. 먼저 제약조건하에서의 선택인 식 (4.1)을 라그랑지 기법을 써서 제약조건이 없는 선택의 문제로 변환하면 다음과 같다.

$$(4.2) \quad \text{Max } L = A \cdot (Dx)^\alpha - c \cdot x - d \cdot D^\theta + \lambda \left[\bar{z} - \frac{1}{B_1} \cdot x - \frac{1}{B_2} A \cdot (Dx)^\alpha \right]$$

여기에서 λ 는 0 또는 0보다 큰 값을 갖는 라그랑지 승수이다. λ 는 규제수준 \bar{z} 의 한계 가치를 나타내며, \bar{z} 의 감소함수이다. 즉, λ 의 크기는, \bar{z} 가 커지면 작아지고 \bar{z} 가 커지면 작아진다. 우리는 위에서 $\bar{z} = z(p)$ 이면 제약조건이 있어도 없는 것이나 마찬가지임을 알았다. 이는 $\bar{z} = z(p)$ 에 상응하는 λ 값 즉, $\lambda(p)$ 가 0이 될 것임을 암시한다.

식 (4.2)를 풀면 다음과 같은 1계조건을 얻게 된다.

$$(4.3) \quad x = \left[\frac{\alpha A(1 - \lambda/B_2)}{c + \lambda/B_1} \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} \cdot D^{1-\alpha}$$

$$(4.4) \quad \frac{D^\theta}{x} = \frac{c + \lambda/B_1}{d\theta}$$

$$(4.5) \quad \lambda \cdot \left[\bar{z} - \frac{1}{B_1} \cdot x - \frac{1}{B_2} A \cdot (Dx)^\alpha \right] = 0$$

위의 1계조건 중 식 (4.3)과 식 (4.4)는 전 항에서 도출했던 1계조건에 대응하는 것이고 식 (4.5)는 제약조건 하에서의 선택으로 인해 새로이 추가된 것이다. 식 (4.5)는 상보적 여분성 조건(complementary slackness condition)이라고 불리는 것으로서, 라그랑지 승수 λ 가 0보다 큰 값을 지니면, [] 안의 식이 0의 값을 갖게 되고, λ 가 0이면 제약조건이 바인딩하지 않음을 나타낸다. 우리가 다루는 문제에서는 제약조건이 바인딩 하므로 λ 는 0보다 큰 값을 갖고 따라서 아래 식이 성립해야 한다.

$$(4.6) \quad \bar{z} = \frac{1}{B_1} \cdot x + \frac{1}{B_2} \cdot A \cdot (Dx)^\alpha$$

식 (4.3), (4.4), (4.6)은 x , D 및 λ 를 미지수로 하는 삼원연립방정식이다. 주어진 연립방정식이 비선형이므로 닫힌 형해(closed form solution)를 찾을 수는 없다. 그러나 이론적으로는 이 식들을 만족시키는 해인 \bar{x} , \bar{D} 및 $\bar{\lambda}$ 를 구할 수 있다.

연립방정식을 풀지 않더라도 해가 어떤 특징을 지니는지 짐작할 수 있다. 이를 위해서 사적 선택에서 얻게 되는 1계조건식 (2.4)와 사회적 선택에서 얻게 되는 1계조

건식 (2.11) 그리고 제약조건 하에서의 선택에서 얻게 되는 1계조건식 (4.4)를 비교해 보기로 하자.

$$(2.4) \quad D(p) = \left(\frac{c}{d\theta} \right)^{1/\theta} [x(p)]^{1/\theta}$$

$$(2.11) \quad D(s) = \left[\frac{c + 1/B_1}{d\theta} \right]^{1/\theta} \cdot [x(s)]^{1/\theta}$$

$$(4.4) \quad \bar{D} = \left[\frac{c + \lambda/B_1}{d\theta} \right]^{1/\theta} \cdot [\bar{x}]^{1/\theta}$$

이 식들을 보면, $0 \leq \lambda \leq 1$ 이라는 조건 하에서,⁽¹⁵⁾ $c \leq c + \lambda/B_1 \leq c + 1/B_1$ 이 성립함을 알 수 있다. 이로부터 $x(s) \leq \bar{x} \leq x(p)$ 가 성립할 것임을 짐작할 수 있다.⁽¹⁶⁾

공해배출 허용량 \bar{z} 가 $z(s)$ 와 $z(p)$ 사이에서 정해지면, \bar{x} 도 $x(s)$ 와 $x(p)$ 사이에서 정해진다. 또한 \bar{z} 가 $z(s)$ 에서 시작해서 $z(p)$ 로 커짐에 따라서 \bar{x} 도 $x(s)$ 에서 $x(p)$ 를 향해 단조 증가한다. 한편 D 는 x 의 증가함수이므로, \bar{D} 도 $D(s)$ 와 $D(p)$ 사이에서 정해진다. 이 두 가지 사실은 산출물 생산량 \bar{y} 역시 $y(s)$ 와 $y(p)$ 사이에서 정해질 것임을 의미한다.

결국 공해배출 허용량을 규제하면 자원사용량 및 산출물 생산량이 규제가 없었을 때보다 작은 값으로 정해지게 됨을 알 수 있다. 1인당 공해배출량은 규제수준에서 정해지므로 당연히 규제가 없었을 때의 그것보다 작아진다. 이는 규제를 통해서 공해배출량을 줄일 수 있음을 보여준다.

규제를 통해서 공해를 얼마나 줄일 수 있는가 하는 것은 규제수준의 공해배출량 \bar{z} 의 크기를 얼마나 정하느냐에 달려 있다. 규제가 타이트하면 공해를 많이 줄일 수 있고 규제가 루스하면 조금밖에 줄이지 못하게 된다.

\bar{z} 를 $z(s)$ 와 같도록 정하면 \bar{x} , \bar{D} , \bar{y} 및 \bar{z} 는 모두 $x(s)$, $D(s)$, $y(s)$ 및 $z(s)$ 와 같아진다. 즉, 전항에서 본 사회적 선택과 같아진다. 이는 공해배출량에 대한 규제를 통해서도 사회적으로 볼 때 가장 바람직한 상태를 만들 수 있음을 보여준다.

(15) $\bar{z} = z(p)$ 이면 $\lambda = 0$ 이고 $\bar{z} = z(s)$ 이면 $\lambda = 1$ 이 된다.

(16) '짐작'이라는 용어를 쓴 것은 D 값도 동시에 정해야 하기 때문이다. 별도의 계산에서 이 짐작이 사실임을 확인하고 있다.

우리는 위에서 정부가 민간부문으로 하여금 처음부터 $x(s)$ 만 사용하도록 규제하는 정책을 써도 사회적 선택과 동일한 결과를 가져오게 할 수 있음을 보았다. 그렇다면 공해를 유발하는 가공 전 요소투입량을 $x(s)$ 로 규제하는 정책과 공해배출량 허용치를 $z(s)$ 로 제한하는 정책 가운데 어느 것이 더 나은가? 두 정책이 기대 효과에서는 동일하다. 따라서 선택은 어떤 정책이 집행하기 쉬운가에 따라서 정해진다. 일반적으로 보아서 공해를 정확하게 측정해서 정해진 수준 이상으로 공해를 배출하지 못하도록 하는 정책을 집행하는 비용이 요소투입량을 규제할 때 드는 비용보다 크다고 할 수 있다.⁽¹⁷⁾

4.3 산출물에 대한 생산세와 자원에 대한 부가세를 결합해서 활용하는 방안

생산세와 자원세를 적절하게 결합함으로써 바람직한 결과를 달성할 수 있다. 이 문제를 이해하기 위해 식 (2.3)과 식 (2.10)을 옮겨 적으면 아래와 같다.

$$(2.3) \quad \pi(p) = A \cdot (Dx)^\alpha - c \cdot x - d \cdot D^\theta$$

$$(2.10) \quad \begin{aligned} \pi(s) &= A \cdot (Dx)^\alpha - c \cdot x - d \cdot D^\theta - \frac{1}{B_1} \cdot x - \frac{1}{B_2} \cdot A \cdot (Dx)^\alpha \\ &= \left(1 - \frac{1}{B_2}\right) A \cdot (Dx)^\alpha - \left(c + \frac{1}{B_1}\right) \cdot x - d \cdot D^\theta \end{aligned}$$

두 식을 비교해보면 사회적 선택이 사적 선택과 다른 점은, 산출물 생산함수 앞에 $(1 - 1/B_2)$ 가 붙고 가공 전 원료 x 의 가격이 c 에서 $c + 1/B_1$ 으로 높아졌다는 것이다. 이것이 의미하는 바는, 산출량에 대해서 $1/B_2$ 에 해당하는 생산세를 부과하고 동시에 가공 전 원료 x 에 대해서 $1/B_1$ 에 해당하는 부가세를 매기면, 사적 선택이 사회적 선택과 동일해 질 것이라는 사실이다. 예를 들어 아래의 시뮬레이션에서 벤치마크로 사용한 값인 $B_1 = 10$ 과 $B_2 = 40$ 을 적용하면 생산세가 0.1 그리고 부가세가 0.025로 나오는데 이는 10%의 생산세와 2.5%의 부가세를 매기면 사적 선택을 사회적 선택과 같게 만들 수 있음을 보여준다.

여기에서 한 가지 유의할 것은, 가공기술수준 D 의 구매에 대해서는 세금을 매길

(17) 공해방지 및 처리 기술을 선택하는 문제까지 고려하면 인풋 x 를 규제하는 것보다 공해배출량 z 를 규제하는 것이 기술발전을 촉진하게 되므로 더 나을 수 있다.

필요가 없다는 사실이다. 이는 공해가 가공 전 원료 투입량 x 및 산출량 y 의 함수로만 정해지기 때문이다. 공해배출량이 가공기술 D 의 감소함수로 정의되면 사정이 달라진다. 이 경우에 사회적으로 바람직한 수준의 D 를 구매하도록 하려면 D 의 구매에 대해 보조금을 주는 정책이 필요해진다.

4.4 자원과 가공기술에 대한 부가세를 활용하는 방안

위에서 제시한 식 (2.10) 즉, 사회적 선택을 위한 목적함수를 바꿔 쓰면 아래와 같이 된다.

$$(4.7) \quad \begin{aligned} \pi(s) &= \left(1 - \frac{1}{B_2}\right) A(Dx)^\alpha - \left(c + \frac{1}{B_1}\right) x - dD^\theta \\ &= \left(1 - \frac{1}{B_2}\right) \left[A(Dx)^\alpha - \left(\frac{c + 1/B_1}{1 - 1/B_2}\right) x - \left(\frac{d}{1 - 1/B_2}\right) D^\theta \right] \end{aligned}$$

이제 식 (2.3)과 식 (4.7)로 주어진 목적함수를 극대화하는 문제를 고려해보면, 식 (2.3)에서 가공 전 원료 x 의 가격을 c 에서 $(c + 1/B_1)/(1 - 1/B_2)$ 로 바꾸고, 가공기술 D^θ 의 가격을 d 에서 $d/(1 - 1/B_2)$ 로 바꾸면, 사적 의사결정주체의 선택이 사회적 선택과 같아지게 됨을 알 수 있다. 이것이 의미하는 바는, 가공 전 원료 x 에 대해서 $c + \tau = (c + 1/B_1)/(1 - 1/B_2)$ 가 되게 하는 자원 부가세 τ 를 부과하고 동시에 가공기술 D^θ 에 대해서 $d + \varepsilon = d/(1 - 1/B_2)$ 가 되게 하는 기술 부가세 ε 을 부과하면, 사적 선택이 사회적 선택과 같아지게 된다는 사실이다. 자원 부가세와 기술 부가세는 아래와 같이 계산된다.

$$(4.8) \quad \tau = \frac{cB_1 + B_2}{B_1(B_2 - 1)}$$

$$(4.9) \quad \varepsilon = \frac{d}{B_2 - 1}$$

예를 들어서 다음 항의 정책 시뮬레이션에서 고려했듯이 $c = 1$, $d = 2$, $B_1 = 10$ 그리고 $B_2 = 40$ 이라면, 자원 부가세는 $5/39$ 가 되고 기술 부가세는 $2/39$ 가 된다. 이 경우 비교적 소폭의 부가세만으로도 사회적으로 바람직한 결과를 가져올 수 있음을 알 수 있다.

5. 정책 시뮬레이션

5.1 벤치마크

제시된 모형에서 우리가 자유롭게 선정할 수 있는 넓은 의미의 파라미터⁽¹⁸⁾는 생산성 및 기술수준을 나타내는 A, B_1, B_2 와 비용을 나타내는 c, d 그리고 함수의 형태를 결정하는 α, θ 등이다. 이 연구에서는 $A = 7,500, B_1 = 10, B_2 = 40, c = 1, d = 2, \alpha = 0.1$ 및 $\theta = 2$ 를 벤치마크로 한다.

여기에서 B_1 은 10인데 B_2 를 40으로 본 것은, 가공 전 원료 x 를 사용할 때 나오는 공해를 치유하기가 최종산출물 y 의 유통과 활용과정에서 나오는 공해를 치유하기보다 어려움을 반영한다. (또는 x 의 사용이 y 의 활용보다 공해를 더 크게 배출하는 활동임을 의미한다.)

가공 전 원료 가격 c 를 1로 놓은 것은 단순화를 기함인데 더 나은 방안은 최종산출물과 가공 전 원료(원유, 석탄, 가스 등)의 상대가격을 구해서 그것을 사용하는 것이다. α 를 0.1로 한 것은 가공 전 원료가 생산 활동에서 차지하는 비중이 10%임을 상징한 것이고, θ 를 2로 한 것은 가공기술 D 의 '구매비용'이 D 가 커짐에 따라서 급격하게 상승함으로 반영한 것이다. A 와 d 는 임의로 정한 것인데 이는 1인당산출량 y 의 값이 남한의 1인당 GDP에 근접한 수준인 약 24,000 (달러)가 되게 하려는 의도를 반영한다.

광의의 파라미터가 위에 제시한 값을 지닐 때 사적 선택은 다음과 같이 정해진다. 가공 전 원료투입량 $x(p)$ 는 2,223, 원료 가공기술수준 $D(p)$ 는 23.6, 1인당산출량 $y(p)$ 는 22,234, 1인당 소득 $gni(p)$ 는 18,899, 1인당 공해배출량 $z(p)$ 는 778 그리고 1인당 녹색소득 $green\ gni(p)$ 는 18,120이 된다.

5.2 조세부과를 통한 사회적 선택 유도

동일한 파라미터 값 하에서 사회적 선택은 아래와 같이 정해진다. 즉, $x(s) = 1,940, D(s) = 23.1, y(s) = 21,888, gni(s) = 18,880, z(s) = 741$ 그리고 $green\ gni(s) = 18,139$ 가 된다. 이를 사적 선택의 결과와 견주어 보면, 가공 전 원료투입량은 줄어들며 가공기술수준은 소폭 낮아짐을 알 수 있다. 1인당산출량은 감소한다. 즉, 인풋과 아웃

(18) 여기에서 넓은 의미의 파라미터라는 용어를 사용한 이유는, 모형의 기저 파라미터인 α, θ, c 그리고 d 외에 기술수준을 나타내는 A, B_1 , 그리고 B_2 도 파라미터로 취급하기 때문이다.

뜻 모두 감소한다. 그렇지만 1인당 공해배출량은 감소하고 1인당 녹색소득 즉, *green gni*는 소폭이지만 증가한다.

1인당 녹색소득 *green gni*를 기준으로 하면 사회적 선택이 사적 선택보다 우월하다. 이는 공해를 감안해서 경제적 의사결정을 내리는 것이 그것을 무시하는 것보다 나은 일임을 입증한다. 그렇지만 1인당 산출량을 기준으로 하면 공해를 무시하는 것이 우월하다. 따라서 생산량을 극대화하고 그것을 통해 고용량을 최대로 유지하는 것이 목표라면 공해를 무시하는 것이 좋다. 이러한 사실은 한편에서는 왜 많은 국가들이 환경의 질 향상이나 공해로 인한 폐해를 무시한 채 경제발전을 독려해왔는지를 설명 해주며 다른 한편에서는 우리의 판단기준을 1인당 산출량(고용량)으로 할 것인지 1인당 녹색소득(녹색복지)으로 할 것인지 선택해야 할 필요성을 제기한다. 많은 나라들이 공해를 완전하게 내부화하지도 않고 그렇다고 철저히 무시하지도 않는 태도를 취하는 것을 보면 그들이 아직도 양자 사이에서 갈등하고 있음을 보여준다. 한 가지 명확한 것은 소득수준이 높아질수록 녹색소득 또는 녹색복지를 중시하는 경향이 강해진다는 점이다.

전 항에서 설명한 바와 같이 사적 선택이 사회적 선택과 같아지도록 유도하는 한 방안은 조세를 부과하는 것이다.

5.3 조세부과 없는 상황에서 (외생적) 기술진보의 결과

경제의 전반적인 생산성 A 가 7,500에서 8,250으로 10% 향상되고, 공해방지 및 처리기술 B_1 과 B_2 가 각기 10과 40에서 12와 48로 20% 향상되었다고 하자.⁽¹⁹⁾ (다른 파라미터는 그대로 있다고 가정한다.) 이러한 기술변화가 어떤 결과를 낳을까?

기술변화와 더불어서 사적 선택에는 다음과 같은 변화가 유발된다. 가공 전 원료 투입량 x 는 당초의 2,223에서 2,487로 약 11.9% 증가하며 가공기술수준 D 는 당초의 23.6에서 24.9로 조금 높아진다. 즉, 생산요소 투입량이 증가하고 가공기술수준도 더 진전된 것을 택하게 된다. 그 결과 최종산출물 생산량 y 는 22,233에서 24,872로 비교적 크게 증가한다. 기술진보가 생산량 증가를 가져오는 것이다. 사적 선택의 경우에는 공해관련 기술수준 B_1 또는 B_2 의 크기가 요소투입량, 가공기술수준 및 생산량 결정에 영향을 주지 않으므로, 요소투입량을 늘리고 더 높은 수준의 가공기술을 택하

(19) 이 항의 연습은 기술변화의 여러 가지 가능성 중 극히 일부에 대해서만 다루고 있다. A 와 B_1 그리고/또는 B_2 변화의 상대적 크기에 따라 결과가 달라질 수 있음에 유의하자.

며 최종산출물의 양이 늘어나는 것은 전적으로 경제의 전반적인 생산성 A 가 높아진 덕분이다.

한편 가공 전 원료와 가공기술을 구매하는데 더 많은 비용을 지불함에도 불구하고 최종산출물의 생산량이 크게 늘어나므로 경제의 전반적인 생산성 A 의 향상은 1인당 gni 를 당초의 18,899에서 21,141로 11.9%나 증가시키는 결과를 낳는다. 가공 전 원료 x 의 투입량이 증가하고 산출물 y 의 생산량이 증가함에도 불구하고 1인당 공해배출량 z 는 당초의 778에서 725로 감소한다. 공해관련 기술 B_1 과 B_2 가 처음보다 개선되었기 때문이다.

끝으로 1인당 녹색소득은 당초의 18,120에서 20,418으로 12.7%나 증가(개선)된다.

5.4 기술진보가 있는 상황에서 조세부과를 통한 사회적 선택 유도

기술변화와 더불어서 사회적 선택은 다음과 같이 변화한다. 가공 전 원료 투입량 x 는 1,940에서 2,219로 증가하며, 원료가공기술수준 D 는 23.1에서 24.5로 높아진다. 최종산출물 생산량 y 는 21,888에서 24,547로 증가하고, 1인당소득 gni 는 18,139에서 21,127로 크게 증가한다. 1인당 공해배출량 z 는 741에서 696으로 감소하고, 1인당 녹색소득 $green\ gni$ 는 18,139에서 20,431로 증가한다. 결국 기술변화와 더불어서 사회적 선택이 1인당 소득을 증가시키고, 1인당 공해배출량을 감소시키며, 1인당 녹색소득을 증가시키는 결과를 가져옴을 알 수 있다. 이때 gni 및 $green\ gni$ 모두 크게 증가함에 유의하자.

그런데 보다 의미 있는 일은 기술진보가 없었을 때의 사적 선택과 기술진보가 있을 때의 사회적 선택을 비교하는 것이다. 이는 조세부과를 통해서 시민들이 사회적 선택과 동일한 행동을 하도록 유도하는 한편 (조세부과를 통해 거두어들인 자원을 재원으로 해서) 경제의 전반적인 생산기술, 공해방지기술 및 공해처리기술의 발전으로 도모할 때 어떤 결과가 오는가 하는 물음에 대한 답을 찾는 것과 같다.

비교 결과를 보면, 1인당 원료투입량은 2,223에서 2,219로 줄어들며, 1인당 산출량은 22,233에서 24,547로 증가하고, 1인당 공해배출량은 778에서 696으로 감소하며, 1인당 소득은 18,899에서 21,127로 증가하고, 1인당 녹색소득은 18,120에서 20,431로 증가함을 알 수 있다. 즉, 조세부과를 통해서 시민들로 하여금 그들의 행위가 공해를 유발한다는 사실까지 감안해서 행동하도록 유도하는 한편 조세부과로 거둔 자원을 재원으로 해서 경제의 전반적인 기술수준 및 공해관련기술을 발전시키면, 1인

〈표 1〉 정책 시뮬레이션 결과

	Benchmark	사회적 선택	기술진보+사적 선택	기술진보+사회적 선택
가공 전 원료(x)	2,223	1,940	2,487	2,219
가공기술(D)	23.6	23.1	24.9	24.5
생산량(y)	22,234	21,888	24,872	24,547
1인당소득(gni)	18,899	18,881	21,141	21,127
1인당 공해배출(z)	778	741	725	696
1인당 녹색소득	18,120	18,139	20,416	20,431

당 원료(원유, 석탄, 가스 등)는 처음보다 적게 쓰면서도 처음보다 아주 많은 산출물을 생산하게 되고 그러면서도 1인당 공해는 처음보다 적게 배출하는 결과를 가져온다. 이는 적절한 정책 조합을 구사함으로써 녹색성장이 달성하려는 세 가지 목표를 모두 다 달성할 수 있음을 보여준다.

여기에서 한 가지 더 유의할 것은, 자원세 또는 환경세를 부과함으로써 민간 경제 주체들로 하여금 사회적으로 볼 때 최적인 자원배분상태를 선택하도록 유도하는 한편 조세수입을 재원으로 해서 경제의 전반적인 기술 및 공해방지 및 공해치유 기술을 발전시키는 데 성공하면, 1인당 산출량이 아무것도 하지 않았을 때의 22,233에서 24,547로 10.4%나 증가한다는 사실이다. 이것이 의미하는 바는 적절한 정책조합을 구사하면 녹색성장 정책을 통해서 1인당 자원사용량과 1인당 공해배출량을 줄이면서도 1인당 산출량을 비교적 크게 늘릴 수 있다는 사실이다. 1인당 산출량 증가의 배후에는 고용량 증가가 있으므로 이는 또한 녹색성장 정책이 고용량도 증가시킬 수 있음을 보여준다.⁽²⁰⁾

이상의 논의를 표로 정리하면 위의 〈표 1〉과 같다.

6. 기술 선택

지금까지의 논의에서는 경제의 전반적인 기술수준 A 와 공해방지 및 처리 기술 B_1 과 B_2 를 주어진 것으로 즉, 외생변수로 취급하였다. 이는 말할 것도 없이 현실과 동떨어진 가정이다. 대부분의 경제에서는 기술을 발전시키기 위해 막대한 자원을 투입한

(20) 모든 종류의 기술진보가 노동절약적인 형태로 진행되지 않는 한 1인당 산출량 증가는 고용량 증가를 함의한다.

다. 기술을 발전시키기 위해서는 막대한 양의 물적 자본 투자와 양질의 인적자본이 필요하다. 이러한 투자는 하루아침에 이루어지지 않으며 상당한 기간에 걸쳐서 지속적으로 이루어져야 한다. 또한 기술개발에는 높은 위험성이 따르므로 모든 기술개발 투자가 성공하는 것도 아니다. 이러한 사정은 우리가 기술에 관해 위에서 상정한 것이 현실과 엄청난 괴리가 있음을 보여준다.

어떻게 이러한 점을 보완할 것인가? 내생적인 기술변화를 중시하는 성장모형을 응용해서 경제주체들의 기술개발 활동을 모형 내에 도입하는 것이 한 방안이 될 것이다. [이와 관련된 연구로는 Romer(1987, 1990), Aghion and Howitt(1998), Grossman and Helpman(1991) 등이 대표적이다.] 그러나 이는 우리가 고려하는 정태적 모형에서는 다를 수 없다. 정태적 모형의 틀을 유지하면서 기술발전의 문제를 다루는 한 방안은 ‘시장에서 기술을 사다 쓰는’ 기술선택 이론을 활용하는 것이다. 우리는 이미 원료를 가공하는 기술 D 를 구매해서 쓰는 모형을 공부했다. 이제 이를 경제의 전반적인 기술 A 및 공해관련 기술 B_1 과 B_2 에 대해서도 적용해 보기로 하자. 이를 위해 기술을 구매할 때 지불해야 할 비용을 아래와 같은 비용함수로 상정하기로 한다.

$$(6.1) \quad C = C(A, B_1, B_2)$$

기술구매비용은 기술수준 A, B_1 및 B_2 의 증가함수이다. 한계비용을 $C_i, i = A, B_1, \text{ or } B_2$ 라 하면 $C_i > 0$ 이 성립한다. 즉, 한계비용은 체증한다. 이는 더 높은 수준의 기술을 구매하려면 총액으로 더 많은 비용을 지불해야 할 뿐 아니라 기술수준이 높아질수록 구매비용이 비례적으로 보아 더 크게 상승함을 의미한다.

기술은 사회적 의사결정자가 선택하는 것으로 간주한다.⁽²¹⁾ 구체적으로 사회적 의사결정자는 1인당 소득 $gni(s)$ 에서 기술구매비용을 차감한 것을 극대화하도록 A, B_1 및 B_2 를 선택한다. 기술구매에 드는 비용은 전액 조세수입으로 충당한다. 사회적인 의사결정자가 1인당 녹색소득이 아니라 1인당 소득을 극대화하는 기술수준을 선택한다는 점에 관해서 보충 설명이 필요하다. 진정한 복지수준은 1인당 녹색소득이다. 그런데 우리가 지금 논의하는 정책 선택은 한 편에서는 조세를 부과함으로써 경제주체들이 사회적으로 바람직한 선택을 하도록 유도하는 한편 그렇게 해서 조성한 조세수

(21) 이 연구에서는 기술을 모든 생산자가 사용하는 공공재로 본다. 실제에서는 특허권이나 영업비밀 등을 활용해서 다른 사람이 기술을 사용하지 못하도록 할 수 있다.

입을 재원으로 해서 기술을 구매하는 두 가지의 조합이다. 조세를 부과하는 정책을 써서 사적 의사결정자들이 (주어진 기술수준 하에서) 1인당 녹색소득을 극대화 하도록 유도하면서 동시에 조세수입을 재원으로 해서 최적의 기술을 구매함으로써 복지를 극대화하게 되는 것이다. 그런데 기술구매에 드는 비용은 조세수입으로 충당되므로 1인당 소득 - 조세 = 1인당 소득 - 기술구매비용이 성립하게 된다.

결국 기술선택은 아래 문제의 해로 정해진다.

$$(6.2) \quad \text{Max } y(s) - c \cdot x(s) - d \cdot D(s)^\theta - C(A, B_1, B_2)$$

위 최대화 문제에서 선택 변수는 A , B_1 그리고 B_2 이다. 문제 (6.2)에서 $y(s)$, $x(s)$ 및 $D(s)$ 는 모두 A , B_1 및 B_2 의 함수임에 유의하자. 식 (6.2)에서 $D(s)$ 는 $x(s)$ 의 함수이므로 (식 (2.11) 참조) 식 (6.2)을 다음과 같이 고쳐 쓸 수 있다.

$$(6.3) \quad \text{Max } y(s) - \frac{(1+\theta)c + 1/B_1}{\theta} \cdot x(s) - C(A, B_1, B_2)$$

위의 문제를 풀면 $MB_i = C_i \equiv MC_i$, $i = A, B_1, B_2$ 라는 관계식을 얻게 된다. 여기에서 MB_i , $i = A, B_1, B_2$ 는 i 를 한 단위 더 크게 선택하는 행위가 주는 한계편익을 의미한다. 결국 최적 선택은 기술선택에서 얻는 한계편익이 기술선택에 드는 한계비용과 같도록 하면 됨을 알 수 있다.

식 (6.3)의 해는 기술구매비용함수 $C(A, B_1, B_2)$ 의 구체적인 함수 형태를 정해서 극대화의 1계조건을 구하고 그것을 풀면 얻을 수 있다. 그리고 음함수 정리를 활용해서 모형의 기저 파라미터(basic parameter)들이 바뀌면 기술선택이 어떻게 달라지는지 알아낼 수 있다. 그러나 여기에서 우리의 주 관심은 A , B_1 및 B_2 가 구체적으로 어떤 값을 지니는가에 있지 않다. 중요한 것은 편익과 비용을 고려해서 최적의 기술수준을 선정할 수 있다는 사실이고 편익과 비용함수의 특성에 따라서 기술수준이 달리 정해질 것이라는 점이다.

최적 기술선택에 관한 논의가 우리에게 주는 시사점은 다음과 같다. 사회적 의사결정자는 경제의 제반 상황을 고려해서 주어진 여건 하에서 가장 합리적인 기술수준을 정할 수 있다. 이를 각기 A^* , B_1^* 및 B_2^* 라고 부르자. 이는 위에서 설명했듯이 기술선택으로 얻는 한계편익(marginal benefit)과 기술선택에 드는 한계비용(marginal cost)이

동일해지는 수준에서 정해진다. 최적기술수준이 정해지면 그것에 상응하는 최적 조세율 $(1/B_1)^*$ 과 $(1/B_2)^*$ 가 정해지고⁽²²⁾ 사회적 의사결정자는 동 최적 조세율에 해당하는 세금을 소득세와 자원부가세의 형태로 부과한다. 그러면 개별경제주체들은 정부가 부과하는 소득세와 자원부가세를 납부해야 하는 상황을 고려해서 최적 수준의 가공 전 자원투입량 x^* 와 가공기술 D^* 를 선택한다. 이는 최적 1인당산출량 y^* 의 결정으로 이어지고 거기에서 가공 전 자원과 가공기술 구매비용을 공제하면 1인당소득 gni^* 가 결정된다. 한편 최적 수준의 공해방지 및 공해치유 기술수준 B_1^* 와 B_2^* 가 정해지면 그로부터 '최적수준'의 1인당 공해 z^* 가 정해진다. 끝으로 gni^* 에서 z^* 를 차감하면 1인당 녹색소득이 결정된다.

위와 같은 경로를 거쳐서 최적 수준의 1인당 가공 전 자원투입량 x^* , 원료가공기술 D^* , 1인당 산출량 y^* , 1인당 소득 gni^* , 1인당 공해배출량 z^* 및 1인당 녹색소득 $gni^* - z^*$ 가 정해지면 다음에 남는 문제는 무엇인가? 두 가지가 문제 시 된다.

첫째, 만일 어떤 이유로 인해서건 현재 이 사회가 위에서 정해진 최적 상태에 있지 않다면 그렇게 만드는 요인을 찾아 시정함으로써 최적 상태로 끌어가는 일이 있다. 이는 사회적 후생을 증진시키는 일이 된다. 특히 정부가 잘못된 정책을 쓰고 있어서 사회가 최적 상태에 이르지 못하고 있다면 이를 시정하는 일이 매우 중요하다. 우리가 고려하는 모형으로만 보더라도 적어도 두 가지 시정가능한 일이 있다. 하나는 자원사용에 대해 보조금을 줌으로서 자원의 사용자 가격이 해당 자원의 한계생산비보다 낮게 만들어 주는 가격왜곡정책을 시정하는 것이고 둘은 거기에다가 자원부가세 등을 매김으로서 자원의 사용자가격이 해당 자원의 사회적 한계생산비와 같아지도록 만드는 일이다. 후자의 경우에 자원부가세를 부과하더라도 사회적인 관점에서 볼 때 최적의 자원배분을 가져오는 것보다 미흡한 수준에서 책정하는 경향을 띠는데 이것 역시 시정해야 할 일이다.

둘째, 최적 선택 자체를 변화시키는 방안을 모색하는 것이다. 우리는 전 항에서 기술수준 A , B_1 및 B_2 의 선택에 따라서 복지수준이 달라짐을 보았다. 좀 더 구체적으로 말하자면, 기술수준을 높이면 복지도 향상됨을 보았다. 그렇다면 기술수준을 높이면 되지 않을까? 그러나 우리가 지금 고려하는 것은 이미 주어진 여건 하에서 최적의 기술을 선택하는 경우임에 유의하자. 즉, 이미 최적의 선택을 하고 있으므로 여기

(22) 식 (2.10)을 보면 이들이 각각 산출량에 부과하는 생산세와 자원사용량에 부과하는 부가세임을 알 수 있다.

에서 기술수준을 더 높이려 하는 것은 최적 상태에서 이탈하는 것이 된다. 그러므로 바람직하지 않다. 이렇게 보면 할 수 있는 게 하나도 없어 보인다. 그러나 그렇지 않다. 지금 최적의 기술을 선택하고 있다는 것은 주어진 여건 하에서 최적이라는 것이지 여건이 바뀌면 최적 선택도 달라진다. 따라서 우리가 이제 고려해야 할 것은 기술 선택과 관련된 여건의 변화를 모색하는 일이다.

이와 관련하여 우리가 알고 있는 바는 기술선택에 따르는 한계편익과 한계비용이 일치하는 수준에서 최적 기술을 찾아냈다는 사실이다. 그렇다면 기술선택과 관련된 한계편익이나 한계비용을 변화시키면 최적 선택도 달라진다는 말이 된다. 실제로 그렇다. 만일 한계편익은 커지게 그리고/또는 한계비용은 작아지게 만들 수 있다면, 최적 기술수준은 처음보다 높은 수준에서 정해지게 된다. 그러므로 이제 우리가 고려해야 할 것은 기술선택에 따르는 한계편익을 증가시키거나 한계비용을 감소시키는 여건 변화를 모색하는 일이다.

기술선택에 따르는 한계편익을 증가시키는 한 방안은 새로운 기술을 더 오랫동안 더 배타적으로 더 광범위한 시장에서 사용할 수 있게 하는 것이다. 지적재산권을 강화하거나 새로운 기술의 수출을 장려하거나 새로운 기술을 채택해서 생산한 제품의 판로를 확대하는 일이 이에 해당한다. 기술선택에 따르는 한계비용을 감소시키는 방안은 진전된 기술을 개발하기가 수월해지도록 지원하는 것이다. 기술개발과 관련된 학문분야의 발전을 지원하거나, R&D 인력과 시설을 강화하는 정책을 펴거나, 민관 합동 연구 활동을 장려하는 것이 그러한 방안이 된다.

결국 기술선택(개발)과 관련된 한계편익을 증가시키고 한계비용은 감소시키는 여건 변화를 촉진함으로써 정부는 그 사회가 더 진전된 기술수준을 채택하도록 유도할 수 있다. 더욱 진전된 기술을 채택하면, 이미 본 바와 같이, 1인당 자원사용량이 줄어들고, 1인당 공해배출량이 줄어들며, 1인당 산출량 (그리고 총 고용량), 1인당 소득 그리고 1인당 녹색소득은 증가한다. 즉, 복지수준이 향상된다.

7. 논의

이 연구의 골자는 1인당 오염물질 배출량을 줄이고 1인당 자원사용량을 줄이면서도 1인당 산출량 또는 고용량을 증가시키는 방안이 있음을 이론모형과 그것을 활용한 시뮬레이션을 통해 보여주었다는 데 있다. 1인당 산출량 즉 1인당 소득이 증가하

고 1인당 오염물질 배출량이 감소한다는 것은, 최근에 들어와서 복지의 새로운 개념으로 주목받고 있는, '녹색소득'이 아주 크게 증가함을 의미한다. 1인당 자원사용량을 줄이면서도 1인당 산출량을 증가시킬 수 있다는 것은 자원의 생산성이 획기적으로 향상됨을 의미한다.

이러한 결과는 녹색성장 전략 수행을 통해 우리가 추구하는 세 가지 목표, 즉 1인당 자원사용량 감소와 1인당 오염물질 배출량 감소 그리고 1인당 산출량 증가를 동시에 달성할 수는 방안이 있음을 입증하는 것으로서 그 의의가 크다. 이제까지 우리가 알고 있던 패러다임은 1인당 산출량을 증가시키려면 1인당 자원사용량을 늘리지 않을 수 없고, 1인당 산출량 증가는 불가피하게 1인당 오염물질 배출량 증가를 수반한다는 것이었다. 1인당 오염물질 배출량을 줄이려면 1인당산출량의 규모를 줄이는 수밖에 없다는 것 역시 지금까지 우리가 알고 있던 패러다임이다. 결국 우리는 그러한 통상적인 패러다임을 깨는 새로운 결론을 도출한 셈이다.

어떻게 그것이 가능한가? 물론 저절로 되는 것은 아니다. 하나의 방안은 자원사용에 대해 조세를 부과하고 그것을 통해 거두어들인 조세수입을 재원으로 해서 경제의 전반적인 생산성을 높이는 기술, 자원을 보다 더 효율적으로 사용하게 만드는 기술 그리고 환경오염을 줄이고 치유하는 기술의 발전을 이루는 것이다.

우리는 이러한 결론을 아주 간단한 경제모형을 활용하여 도출하였다. 모형의 주요 내용은 자원을 사용해서 재화를 생산한다는 사실과 재화를 생산하고 소비하는 과정에서 공해가 발생한다는 사실을 정형화 하여 이론모형을 제시하고, 모형의 해를 사적인 관점 및 사회적인 관점으로 나누어서 구한다음, 그렇게 구한 모형의 해가 갖는 경제학적 특징을 찾아보고, 그것을 통해 사적인 선택의 결과가 사회적인 선택의 결과보다 열악함을 인식하고, 열악한 사적 선택을 우월한 사회적 선택과 같게 만드는 방안이 있는지 조사해 보는 것이다. 열악한 사적 선택을 우월한 사회적 선택과 같게 만드는 방안은 사적 의사결정자가 지불해야 할 생산요소의 가격을 사회적 의사결정자가 지불하는 것과 같게 만드는 것이다. 사적 의사결정자가 지불해야 할 생산요소의 가격에 조세를 부과하는 게 그러한 방안이 된다.

방금 언급한 정책을 쓰면 1인당 자원사용량이 줄어들고 1인당 오염물질 배출량이 줄면서 동시에 1인당 산출량이 줄어드는 결과를 얻게 된다. 그러나 1인당 산출량 즉, 1인당 소득에서 1인당 오염물질 배출량을 차감한 1인당 녹색소득은 사적 선택의 결과보다 커지게 된다. 이러한 결과는 외부성이 있는 상황에서는 항상 성립하는 것으

로서 사실 별로 새로울 것이 없다. 한편 자원사용에 대해서 조세를 부과하면 자원사용량과 오염물질 배출량이 사회적인 관점에서 볼 때 바람직한 수준으로 줄어들지만 동시에 1인당 산출량이 감소한다는 것은 소득의 감소를 뜻할 뿐 아니라 고용의 감소를 의미하기도 한다. 만일 우리의 판단기준이 1인당 녹색소득이 아니라 고용이라면 방금 제시한 방안은 바람직한 것이 되지 못한다. 고용을 최대화하려면 조세를 부과해서는 안 된다. 이는 우리가 1인당 녹색소득과 고용량이라는 두 가지 바람직한 목표 사이에서 경중을 가려 어떤 한 가지를 취사선택해야 할 것임을 뜻한다. 우리의 연구는 둘 중 어느 것이 더 중요한지를 판별하는 기준을 제시하지는 못한다. 이는 정치경제학의 문제이다.

그렇지만 만일 우리가 1인당 자원사용량과 1인당 오염물질 배출량을 줄이면서도 1인당 산출량 따라서 고용량을 늘일 수 있는 방안을 가질 수 있다면 문제는 달라진다. 우리가 행한 연구의 두 번째 파트는 바로 그러한 방안이 있음을 보여주고 있다. 그 방안은, 자원사용에 대해 부과한 조세수입을 재원으로 해서, 경제의 전반적인 생산성을 향상시키는 기술, 자원을 보다 더 효율적으로 사용하게 해주는 기술 그리고 오염물질의 배출을 줄이고 배출된 오염물질을 처리하고 정화하는 기술을 발전시키는 것이다. 우리는 시뮬레이션을 통해서 조세부과와 기술발전을 효과적으로 결합한 정책을 사용하면 1인당 자원사용량 감소, 1인당 오염물질 배출량 감소, 1인당산출량 증가라는 세 가지 목표를 모두 달성할 수 있음을 보여 주었다.

한편 우리의 연구는 사회적으로 바람직한 상태를 달성하는 또 다른 방안으로서 자원투입량에 대한 규제나 오염물질 배출량에 대한 규제라는 강제적 조치도 유효함을 보이고 있다. 자원투입량을 줄임으로써 공해의 양을 사회적인 관점에서 보아 합리적인 수준으로 낮춘다는 점에서 그러한 강제조치는 환경세 또는 자원세를 부과하는 정책과 동일한 효과를 지닌다. 그렇지만 정책 시행에 드는 비용의 측면에서는 두 가지 방안이 매우 상이하다. 더욱 큰 차이는 기술발전과 관련되어 발생한다. 강제 조치를 시행하는 경우에는 기술발전에 소요되는 재원을 별도로 조성해야 하지만, 조세를 부과하는 경우에는 조세부과로 얻은 세수를 기술발전을 위해 쓸 수 있다는 점이 상이하다. 이미 알아 본 바와 같이 조세부과와 기술발전을 병행해서 실행하면, 1인당 자원투입량 감소, 1인당 오염물질 배출량 감소, 1인당 산출량 증가, 고용량 증가라는 목표를 모두 달성할 수 있다.

이러한 결과는 녹색성장 전략의 성공 여부는 조세부과를 통한 자원가격 합리화와

경제의 전반적인 기술 및 녹색기술의 발전을 이룰 수 있는가 여부에 달려 있음을 보여주는 것이다. 녹색성장의 목표들을 달성하려면 두 가지 모두가 필요하다.

기술발전을 통해서 바람직한 결과를 달성할 수 있다는 메시지는, 현재의 기술수준이 최적 수준에 미치지 못하는 상황에서는, 최적 수준에 도달할 때까지 기술을 발전 시킴으로써 사회를 보다 더 바람직한 상태로 이끌어 갈 수 있음을 의미하지만, 일단 사회적으로 최적인 상태까지 기술이 발전하면 복지향상을 위해 더 이상 할 수 있는 일이 없음을 의미하기도 한다. 정말 그럴까?

이에 대해 우리의 연구는 하나의 돌파구를 제시한다. 그것은 사회적으로 보아 최적인 기술 수준 자체를 변화시키는 것이다. 우리가 사회적으로 보아 최적의 기술수준이라고 하는 것은 현재 주어진 여건 하에서 그렇다는 것이지 여건이 바뀌면 최적의 기술수준도 달라진다. 특히 기술발전이 주는 한계편익을 크게 만들고 기술발전을 위해 지불해야 할 한계비용은 작게 만들도록 여건을 변화시키면 사회적으로 최적인 기술수준은 종전의 것보다 더 높아지게 된다. 결국 기술발전에 수반하는 한계편익을 크게 하고 한계비용을 작게 하는 여건 변화를 가져옴으로써 최적 기술수준을 향상시키고 그것을 달성할 수 있도록 기술을 발전시켜 나가면, 1인당 자원사용량과 1인당 오염물질 배출량은 더 줄이면서도 1인당 산출량을 더 늘릴 수 있게 된다.

기술발전과 관련되는 여건의 변화를 통해서 최적 기술수준을 반복적으로 향상시켜 나가고 그렇게 진전된 기술수준을 달성하기 위한 연구개발 활동을 지속적으로 전개 함으로써 기술을 발전시켜 나가는 데 성공하면, 1인당 자원사용량과 1인당 오염물질 배출량을 지속적으로 줄이면서도 1인당 산출량을 지속적으로 증가시켜 나갈 수 있게 된다. 즉, 녹색경제성장을 달성할 수 있다.

이 연구는 다음과 같은 한계를 지닌다. 첫째, 기술발전에 관한 논의 수준이 미흡하다. 여기에서는 시장에서 연구개발 업자들로부터 기술을 사 쓸 수 있는 것으로 단순화했으나, 연구개발 업자들이 어떤 동태적인 과정을 거쳐서 기술을 생산하는지에 대해서는 분석하지 않았다. 둘째, 바로 위의 이유로 인해 우리가 제시한 모델은 경제성장 현상을 이해하는 데는 부족하다. 경제의 장기 정상상태를 비교하는 것으로 이해할 수도 있지만 경제성장의 동태적인 과정을 이해하는 데는 도움을 주지 않는다. 셋째, 우리가 녹색성장을 통해 이루고자 하는 바의 하나는 녹색산업을 수출산업으로 발전시켜 나감으로써 약화되는 성장 동력을 되살리고자 하는 것인데, 우리가 제시한 모형은 대외 무역에 관해 고찰하지 않고 있어서 그러한 문제를 다루지 못한다. 넷째,

좀 더 정치한 방안을 써서 정책 시뮬레이션을 행함으로써 관련 기술들이 어떤 방향으로 얼마나 변화해야 소기의 목적을 달성할 수 있는지 확인할 필요가 있다.

서울대학교 경제학부 교수
 서울특별시 관악구 관악로 1
 전화번호: (02) 880-6476
 팩스: (02) 886-4231
 Email: jisoon@snu.ac.kr

참고문헌

- Aghion, Philippe, and Peter Howitt(1998): *Endogenous Growth Theory*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Grossman, Gene M., and Elhanan Helpman(1991): *Innovation and Growth in the Global Economy*, Cambridge, MA, MIT Press.
- Lee, Jisoon (2012a): “Examining a Green Growth Model for Policy Implications,” *Seoul Journal of Economics*, **25**, **1**, 57-88.
- Lee, Jisoon (2012b): “Policy Options for Sustainable Green Growth for All,” in Lee Jisoon (ed.), *Green Forum 2011, 1, Green Growth: Policy Options*, NRCS, 21-59.
- Romer, Paul M. (1987): “Growth Based on Increasing Returns Due to Specialization,” *American Economic Review*, **77**, **May**, 56-62.
- Romer, Paul M. (1990): “Endogenous Technological Change,” *Journal of Political Economy*, **98**, **October**, **Part II**, S71-S101.
- Taylor, M. Scott, and Brock, William A. (2005): “Economic Growth and the Environment: A Review of Theory and Empirics.” in S. Durlauf and P. Aghion (eds.), *Handbook of Economic Growth*, New York, Elsevier, 1749-821.

Abstract

An Analysis of the Green Growth Policy Impacts based on Simulation Exercises

Jisoon Lee

Is it possible to achieve the triple goals of an increase in per capita income, a reduction in the use of natural resources per capita, and a reduction in the amount of pollution emission per capita, all at the same time? Utilizing simulation exercises applied to a simple aggregative model, this paper shows that achieving the said triple goals is indeed possible.

The upshot is to impose a tax on production activities together with an imposition of a surcharge on the use of natural resources, and to use tax revenues thus collected to improve conventional technologies, natural resources related technologies, and pollution related technologies. By natural resources related technologies we mean technologies making them more productive, making it possible to use less of them, and developing better alternatives to them. By pollution related technologies we mean technologies making it possible to reduce pollution emission and enabling us to clean up pollution more effectively.

The imposition of taxes is a means to align private choices with social choices. When taxes are imposed, the resource usage decreases and the production activity becomes slower. But pollution will decrease. In order to achieve an increase in income, we need to develop better production technologies. But better production technologies alone may not only raise outputs, but also increase resource uses and pollution. That is why we need to improve the resource related and pollution related technologies, too. These latter will reduce resource uses and reduce pollution.

Keywords: Green Growth, Natural Resource Price Distortion, External Diseconomy, Resource Tax(Environment Tax, Green Taxation), Technological Progresses