

기술진화 모델과 청정기술의 도입 조건

우석훈 연구위원 (현대환경연구원, 경제학 박사)

- I. 들어가는 말
- II. 깨끗한 기술과 더러운 기술
- III. 개인적 합리성과 전체적 합리성
- IV. 공진화(coevolution)와 질적 변화
- V. 결론

I. 들어가는 말

1992년 리우 환경선언 이후로 환경에 대한 국제협약의 根幹을 이루는 가장 중추적인 개념은 '지속가능한 발전' (sustainable development - 혹은 지속발전론)에 관한 논의는 환경 문제가 더 이상 기계적인 '내재화 논리'에 의한 외부성의 문제로만 여겨질 수 없다는 사실을 명확히 하였다. 무엇보다도 '성장론' (growth theory)가 아니라 '발전론' (development theory)의 틀 내에서 환경이 논의된다는 것은 '90년대 환경논의의 특이점이다. 이때 발전과 성장의 차이는 '구조 변화'의 有無로 이해할 수 있으며, 이는 경제 시스템을 보다 광의의 사회시스템 하에서, 그리고 그를 포괄하는 생물계(biosphere) 내에서 이해해야 한다는 점을 시사하고 있다. 기존의 피구식 조세에 의한 내재화나 자유주의적 시각에 의한 시장을 통한 내재화 모두 포괄적인 의미에서의 환경 문제를 다루는 데 적합하지 않다. '구조변화'의 문제를 알라스 균형의 설명틀 안에서 '유기적'으로 다루는 것은 방법론적으로 곤란하다. 한동안 불균형경제학이나 조절학과 등 일반균형 체계에 적합지 않은 주제를 다루기 위하여 여러 가지 다양한 시

도를 제기하려는 노력들이 있기는 했지만, 일반균형이 가져다 주는 여러 가지 이론적·현실적 편리함을 대체할 수 있는 대안모델이 성공한 예는 거의 없다. 이러한 면에서 n 개의 재화체계에 대하여 $n+1$ 개의 변수 ($n+1$ 번째의 시장은 화폐시장)로 구성된 방정식 체계에 다시 환경이라는 한 개의 방정식을 추가하여 (일반균형 체계에서 이는 예산제약식을 변화시키는 문제로 표현된다) 환경문제를 시스템에 내재화시키려는 시도는 일종의 ‘기계론적’ 접근방식이라고 이해할 수 있다. 그러나 조금 더 환경문제의 특성을 자세하게 살펴본다면 환경문제는 유클리드 평면에서 움직이는 여러 가지 현상들처럼 ‘가역성’을 가지고 있지 않으므로 ‘비가역성’ (irreversibility)을 전제로 하여 움직여나간다. 예를 들면 오존층의 파괴와 같은 지구 규모의 환경 재앙은 복원이 거의 불가능하며(irrevocability) 또한 복원될 수 있다고 하더라도 상당히 오랜 세대에 걸친 천문학적인 비용 지출을 동반하는 경우가 대부분이다. 이러한 점들은 피구 조세가 전제하는 것처럼 피해자에게 복구비용을 적절하게 국가가 조절하는 형식의 환경 정책은 환경의 특성에 적합지 않다. 비가역성의 문제와 함께 환경적 요소들이 가지고 있는 특징은 ‘불확실성’ (uncertainty)의 문제이다. 상품의 교환 과정이 교환 당사자 양측 그리고 교환될 재화의 특성이 사전적으로 (*ex ante*) 알려져 있다는 것을 전제로 하는데 비하여, 환경적 행위 (생산이나 소비 등의 과정을 통하여 오염물질을 배출시키는 등 생태계에 대하여 일정한 영향을 미치는 행위)에 있어서는 ‘가해자’와 ‘피해자’가 분명치 않은 경우가 많다. 이러한 특징은 첫 번째의 불확실성을 발생시킨다. LCA가 기존의 환경영향성평가보다 보다 나은 정보처리 수단으로 인정될 수 있는 것은 이러한 첫 번째 의미에서의 불확실성을 ‘공정별’ 분석을 통하여 처리할 수 있기 때문이다. 두 번째 의미의 불확실성은 보다 근본저기이다. 이는 어떤 물질이 오염물질인지에 대해서 정확히 알 수 없다는, 즉 현대과학이 가지고 있는 데이터의 한계에 관한 문제이다. SO_x 에서 NO_x 의 문제로, 그리고 다시 VOCs의 문제나 혹은 다이옥신의 문제 등으로 주목받고 있는 환경 물질이 계속 변화여나가는 것은 사회적 관심의 문제와 함께 사회적 인식의 문제이기도 하며, 이는 또한 현재의 과학 체계가 어떤 물질을 공해물질로 규정하는가에 따른 과학과정의 문제이기도 하다. 이러한 면에서 n 개의 시장을 둘러싼 균형조건을 추적하는 현대 경제학의 문제의식에 있어서 비가역성과 불확실성을 특징으로 가지고 있는 환경 문제는 인식론적으로 곤란함 점들을 발생시켜 나간다.

어쨌든 위에 제기된 문제점들을 포괄적으로 고려한다고 하였을 때, 확실한 것은 표

준모델에 비하여 많은 이론적 변화를 수반하지 않는다면 경제학이 환경문제를 제대로 고려할 수 없다는 사실은 보다 명확하여 진다. 기술중심주의(techno-centrism)와 기술발전에 대한 기계론적 알레르기 모두 환경문제를 정확히 직시하기에 곤란한 관점이다. 기술중심주의를 극단론적인 反말더스주의로 이해한다면 논의가 조금 더 단순해질 수 있다. 말더스의 인구론 정식이 기술 진보에 의하여 계속해서 늦추어지며, 파국점 끝까지 연장될 수 있다면 기술에 대한 믿음은 상당부분 정당화될 수 있다. 인구론적 의미의 파국이 아직까지 도래하지 않았다는 점은 말더스적 인식론 및 방법론을 채택한 ‘로마클럽’ 등의 제로 성장론에게 상당히 대답하기 곤란한 반대 논리로 기능할 수 밖에 없다. 그럼에도 불구하고 ‘절대기술’이 모든 것을 해결할 수 있다는 정반대의 낙관론은 또한 곤란하다. 왜냐하면 각각의 기술은 나름대로의 진화 궤적을 가지고 있고, 이러한 조건들이 적합하게 해결되기 전에 우리가 생각하는 ‘보다 나은 기술’은 도래하지 않기 때문이다.

본고에서는 이러한 관점에서 ‘청정기술’이 실제로 도입되기 어려운 현실적·금융적 여건에 대해서 간단한 ‘기술진화 모델’을 사용하여 알아보고, 이러한 blocking 조건을 벗어날 수 있는 방법에 대해서 알아보도록 할 것이다.

II. 깨끗한 기술과 더러운 기술

1. 기술의 비용모델

D기술은 C기술보다 더욱 공해를 많이 배출한다고 하자. 이때 이 두가지 기술에 의하여 기업이 지출하여야 하는 비용을 C_D 와 C_C 로 각각 표현을 하자. 이 비용의 변화를 세가지 국면으로 나누어 우리는 다음과 같은 가정을 하자.

〈표 1〉 국면에 따른 비용 조건

제 1국면	제 2국면	제 3국면
$C_D < C_C$	$C_D = C_C$	$C_D > C_C$

이러한 상황은 제 1국면에 있어서 더러운 기술인 D기술이 보다 적은 비용을 가지고 있다는 것을 의미하며, 제 2국면에서는 두가지의 기술이 같은 비용을, 그리고 마지막으로 제 3기에서는 오히려 깨끗한 기술인 C기술이 보다 적은 비용을 발생시킨다는 것을 의미한다. 이러한 가정은 현재의 영문자판과 계량형 영문자판의 표준화율에 의한 사용빈도수, 혹은 한글의 2벌식 자판과 3벌식 자판의 경우 등에 흔히 발생하는 기술발전의 궤적과 동일한 논리구조를 가지고 있다. (David, 1985 ; Arthur, 1989)

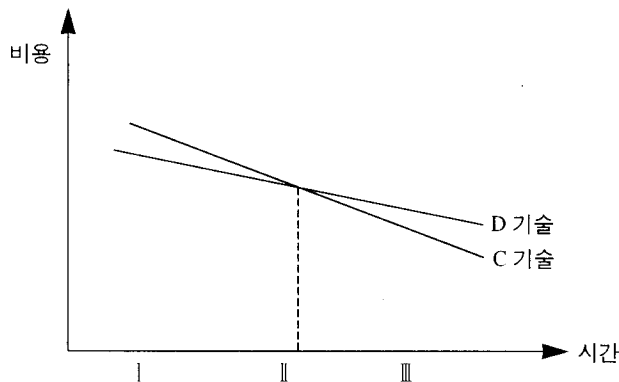
이러한 비용의 차이는 당연히 이윤율(p)의 차이로 나타날 것이다.

〈표 2〉 국면에 따른 이윤율 조건

제 1국면	제 2국면	제 3국면
$\pi_D < \pi_C$	$\pi_D = \pi_C$	$\pi_D > \pi_C$

그러므로 협의의 극대화공리 하에서 1기에는 D기술을, 3기에는 C기술을 사용하는 것이 기업의 이윤극대화를 만들어 줄 것이다. 그러므로 이 이윤극대화의 해답들은 각각의 상황에서의 균형점들을 구성한다.

〈그림 1〉 기술에 따른 비용 곡선



정태적인 모델 하에서는 기업이 언젠가 보다 환경적으로 우수하며 동시에 더 적은 비용을 발생시킬 C기술로 언젠가 이전하게 될 것이라는 설명에 그다지 큰 문제를 가지고 있지 않은 듯하다. 일상적인 파레토 최적에 의한 사유에 의하면 C기술이 제 3기

에서 표준기술로 채택되는 데에는 아무런 문제가 없으며 보다 더럽고 보다 많은 비용을 발생시킬 D기술은 제 3국면에 들어가는 순간에 보다 우등한 C기술에 의하여 대체될 것이다.

그러나 문제는 그렇게 간단하지 않다. 왜냐하면 여기에서 시간이 흐름에 따라 B기술이 보다 저렴한 기술이 될 것이라는 가정은, 시간이 흐름에 따라 B기술을 채택하는 생산자가 더욱 늘어날 것이라는 전제로 하고 있기 때문이다. 그러나 실제로 제 1국면에 보다 더 많은 비용을 감당하고라도 B기술을 사용하는 생산자가 나타나지 않는다면 이 모델 안의 생산자들은 제 1국면을 절대로 벗어나지 못할 수도 있다. 즉 모든 기업들이 비용절감에 의한 단기적 이윤의 합리성을 가지고 있다고 한다면 A기술이 오히려 표준기술로 사회적으로 채택되며 $\pi_{Dt1} - \pi_{Ct1} = EC(\text{environmental cost})$ 로 표현되는 환경비용을 지출하지 않는다면 $\pi_{Ct3} - \pi_{Dt3} = EC(\text{environmental benefit})$ 로 표현되는 환경이득을 누릴 수 없을 것이다.

2. 잠김현상(Lock-in)과 양의 피드백 (positive feedback)

모델 안에 존재하지 않던 또 하나의 가정이나 요소들이 개입되지 않는다면 기업들이 C기술을 채택하지 않을 것이라는 사실은 명확하다. 넬슨과 윈터 (1982) 등에 의하여 강조된 이러한 현상은 진화론자 모델의 핵심을 구성한다. 일단 C기술이라는 보다 열등한 기술이 주는 보다 열등한 균형에서 잠김 현상이 일어난다면 기술진보가 주는 역동성이 생겨나지 않을 것이라는 것은 명확하다.

이 잠김현상은 양의 피드백에 의해서 더욱 강화되어 나간다. 여기에서 잠깐 양의 피드백에 대해서 설명할 필요가 있을 것이다. 피드백이라는 용어 자체는 시스템 이론에서 생겨났으며 일정한 균형을 이루고 있는 자연계 내의 대부분의 체계는 부의 피드백에 의해서 움직여나간다. 불딩 (1966) 에 의해서 경제학에 도입된 “보일러의 열조절계 모델”은 잘 알려진 부의 피드백의 예이다. 왈라스 균형에서의 가격 메카니즘 역시 이러한 부의 피드백으로서 기능을 한다. 만약 어떤 균형값이 균형으로 윗부분으로 이탈해있다면 가격은 밑으로 내려갈 것을 명령할 것이다. 만약 그 반대의 경우라면 조금 더 위로 조정될 것을 명령할 것이다. 이것은 가격 신호에 의한 시장 반응 구조의 가장 일반적인 경우이다. 만약 시장이 정확하게 이런 부의 피드백의 역할을 해주고 있다면 그 시장은 건전하게 균형을 향하여 움직여나가는 시장이 될 것이다. 그러나 만약 이

정반대의 신호를 가격이 내려준다면 그 시장은 폭발하든지 얼어붙어버리고 말 것이다. 70년대의 일차 자원 가격의 폭등이나 혹은 증권시장의 폭락같은 경우가 이런 부의 피드백이 양의 피드백에 의하여 대체되는 경우일 것이다. 자연계에서 우리가 찾아볼 수 있는 부의 피드백의 경우는 스피커에 의한 소리가 다시 마이크를 통하여 앰프에 의하여 증폭되고 다시 이 소리가 증폭되어 결국 파열음을 만들어내는 경우가 이러한 양의 피드백의 경우일 것이다.

이러한 양의 피드백이 사회에 적용된 경우는 “상호모방”(mimetism)에 의한 제도의 고착화일 것이다. 습관이 현실을 결정하고 이 현실이 기존의 습관을 더욱 강화시키고 이 습관이 새로운 현실을 만드는... 베블렌에 의하여 “습관적 사고”(habitual thoughts)로 정의된 이러한 응고현상이 아마도 우리가 가장 쉽게 접할 수 있는 양의 피드백의 경우일 것이다. (T. Veblen, 1898, G.M. Hodgson, 1992)

그렇다면 깨끗한 기술이 사회에 표준모델로 도입될 수 없는 잠김현상은 바로 이런 양의 피드백에 의해서 설명될 수 있을 것이다. 우리의 모델에 제 1국면에는 그 자체로서 기업이 보다 “환경친화적”인 C기술로 전화할 아무런 동기가 주어지지 않는다. 더군다나 이윤발생 - 만약 이윤극대화가 아니더라도 - 에 의하여 기업이 주어진 (경제적) 환경에 적응해야 하는 시장경제적 구조하에서 보다 환경적인 사고에 의하여 C기술을 이윤을 포기하고 채택하는 것은 아무래도 기업의 정의 자체를 우리가 알고 있는 이윤극대화가 아닌 다른 정의에 의하여 대체하여야 한다는 것을 의미한다.

실제로 제 3세계 혹은 발전도상의 국가들이 제 1국면에서 제 3국면으로 넘어갈 수 없었다는 사실은, 현재 한국과 여타 국가들이 직면하는 환경의 문제가 어떻게 해서 발생할 수밖에 없었던가를 설명해준다. 즉 기술개발의 궤적이 경제 발전의 현실성 속에서 제 1국면에 잠겨있었던 것이다. 제 1국면이든, 혹은 제 3국면이든, 성장을 자체는 적어도 +일 수 있으며 경우에 따라서는 고도 성장을 이룰 수도 있었을 것이다. 그러나 환경이라는 기준에 의하여 정의된 기술은 D기술의 궤적을 따르게 되는 것이지, C의 궤적을 따르게 되지는 않았다는 사실만은 자명하다.

이러한 조건 하에서 생산의 두 궤적을 사회적으로 추적한다면 비록 경제성장이 양쪽 다 가능하다 할지라도 제 1국면 하의 기술발전 하에서는 에너지의 낭비와 에너지의 무질서도가 제 2국면보다 높을 것이라는 사실을 유추할 수 있을 것이다. 다시 말하면 D기술에 의한 경제 생산 궤적은 C기술에 의한 경제 생산 궤적에 비하여 열효율성

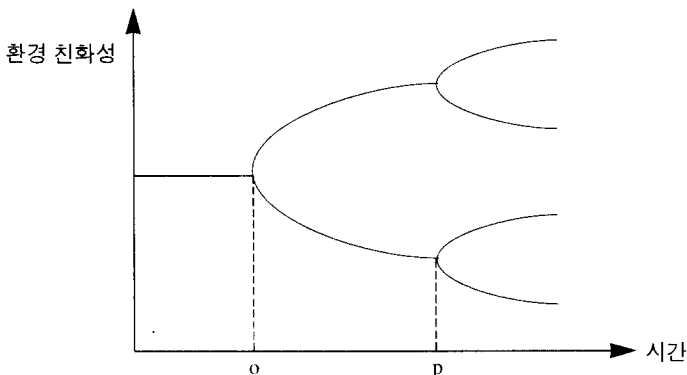
이 떨어질 뿐더러, “환경파괴적”인 사회일 것이다.

기술의 비용 모델에서 해석한다면 지속발전론의 의미가 무엇인지 조금 더 명확해질 것이다. 환경의 문제는 총체적인만큼 지속발전론도 총체적인 의미를 가지고 있을 것이며, 적어도 기술적인 문제에서는 환경친화적인 기술을 실제로 생산자인 기업들이 채택을 하고 그러한 기술들이 사회의 표준기술 혹은 선도기술로 변화하며 이윤율도 일정정도 확보해줄 수 있는 상황일 것이다. 물론 여기에서 이윤의 존재가 환경을 위하여 필요한 것인가에 대한 반론이 있을 수 있지만, 만약 이러한 기업에 의한 생산 메카니즘을 고려하지 않는다면 로마클럽이나 혹은 제로성장론에서의 무조건적인 생산의 정지와 같은 기계론에 빠질 수밖에 없을 것이다. 성장과 환경을 하나의 체계에서 고려하는 데에 있어서 제로성장론이 수동적인 방식이라고 한다면, 기술진보 모델은 보다 능동적인 방식이라고 할 수 있을 것이며, 이러한 면에서 기술진보가 실제로 가능할 수 있는 사회적인 조건을 찾아보는 것은 의미를 가지고 있을 것이다.

Ⅲ. 개인적 합리성과 전체적 합리성

앞에서 환경친화적인 기술이 표준기술로 되는 것은 환경파괴적 기술이 잠김되어 있는 균형에 응고시키는 양의 피드백 작용으로부터 탈출하는 것이라는 것을 알아보았다. 그렇다면 사회적으로 이렇게 꺾적의 갈래치기(bifurcation) 자체를 만들어나가는 것은 어떠한 의미를 가지고 있는가에 대해서 생각해볼 필요가 있다.

〈그림 2〉 갈래치기(bifurcation)의 꺾적 효과



o점과 p점은 앞으로 올 두가지 서로 다른 궤적을 구분시켜 주는 점이라는 면에서 갈래점(bifurcation)으로 불린다. 분명히 시간의 흐름에 따라 생겨나는 이러한 갈래점은 질적인 차이를 가지고 있을 것이며 선형적인 사고에 의하여 포착될 수 없을 것이다. 이러한 질적 차이들은 생물학적인 의미에서의 진화의 두갈래 길로 해석될 수도 있을 것이며 열역학적 의미에서의 열적 붕괴로 해석될 수도 있을 것이다. 분명한 것은 o점과 p점 사이에서 이전의 양의 피드백에 의한 잠김이 새로운 궤적효과에 의하여 대체된다는 사실이다. 경제학적으로는 슈페터의 “창조적 파괴”로 해석될 수도 있다. 즉 이전에 존재하던 보다 열등한 균형 상태가 파괴되면서 앞으로 도래할 보다 우월한 균형 상태로 이전하는 것이 진화론자에 의하여 해석된 슈페터의 경제관이다. 물론 이후에 도래할 균형 상태가 더욱 나은 상태인지 아니면 이전의 소극적인 의미에서의 균형보다 더욱 못한 상황인지 사전적으로 우리는 알 수가 없다. 그럼에도 불구하고 이러한 갈래치기는 경제주체들이 자신에 주어진 상황에 “적응”해나가면서 생겨날 수밖에 없다는 것이 슈페터적 의미에서의 파괴이다. 즉 기업은 자신이 존재하는 사회적·경제적 조건 하에서 때론 수동적으로 때론 적극적으로 적응을 하며 전체적으로 이러한 움직임들이 이윤극대화 공리에 기계론적으로 환원되지 않는 자본주의의 특유의 역동성을 만들어내게 되는 것이다. 이러한 관점 하에서 주체들의 움직임은 주체의 목적성에 즉각적으로 환원되지 않으며, 주체들의 계산상에 씨스텀 전체의 움직임이 환원되지 않는다는 얘기를 할 수 있을 것이다. 물론 이러한 개인과 전체의 충돌에 관한 문제는 사회과학의 오래된 논쟁인 방법론적 개인주의와 방법론적 전체주의의 문제를 다시 환기시키는 정도일 수도 있을 것이다. 그럼에도 불구하고 씨스텀 자체의 움직임과 그 안의 구성요소들인 경제주체들의 움직임을 살펴보는 것은, 구조 자체의 움직임에 대한 인식의 가능성을 포착하는 데 무척이나 중요할 것이다.

지속성장론(durable growth)와 지속발전론(sustainable growth) 자체에 근본적인 차이가 있다고 보기는 어렵다. 적어도 경제성장과 그 성장의 한계의 요소로서의 자연환경의 문제를 화해시키자는 측면에서는 그렇다. 그럼에도 불구하고 발전이라는 용어의 사용에 굳이 의미를 둔다면 아마도 구조의 변화가능성을 염두에 두고 있다는 측면에서 그렇다. 그렇다면 이윤성과 기계적인 의미에서의 계산성을 뛰어넘는 또 다른 요소가 지속성장론에서 지속발전론으로 담론이 변화하면서 개입하게 된 것이라고 해석할 수밖에 없다. 그렇다면 이 또 다른 요소는 무엇일까? 아직까지도 경제학자는 이

또 다른 요소에 대해서 정확하고 확실한 정보를 가지고 있지 못하며 통일된 견해도 가지고 있지 못하다. 코즈나 윌리엄슨의 신제도학파가 주장하는 제도적인 요소일 수도 있으며 아마티아 쉐이나 판 파리지스 등의 경제철학자들이 주장하는 도덕 혹은 윤리일 수도 있다. 그렇지 않다면 부와이에, 오를레앙, 그리고 파브로 등의 협약주의자들이 주장하는 협약일 수도 있다. 물론 경제학의 장에서 러브록이 주장하는 가이아 가설 속에서의 지구수준의 질서나 혹은 생태주의자(Deep Ecology)에서 주장하는 “존재하는 것들의 생존권”이나 “무생물의 존재권”을 다루기는 아주 어렵다. 어쨌든 한가지 확실한 사실은 앞에서 살펴본 기술적 수준에서 적어도 궤적을 변화시키기 위해서는 단기적 계산성에 즉각적으로 환원되지 않는 요소가 필요할 것이며, 또한 이 변화는 시스템의 합리성에 근접⁴⁾하는 방향으로 나아가야 한다는 것이다. 그렇다면 적어도 이런 의미에서의 “생산적 파괴”가 가능하며 발전양상이 환경친화적으로 나갈 수 있는 사회적 여건은 어떤 것인지에 대해서 살펴보기로 하자.

1. 기술의 전략모델

앞 장에서 살펴본 기술의 비용모델을 게임이론에 의한 전략모델로 바꾸어 보자. D 기술은 ‘더러운 기술’을 채택하는 전략이며 C기술은 ‘깨끗한 기술’을 채택하는 경우의 전략이다.

〈표 3〉 t에서의 깨끗한 기술과 더러운 기술의 생산 게임표

	D	C
D	(2, 2)*	(4, 0)
C	(0, 4)	(3, 3)

이 게임은 ‘매와 비둘기 게임’이 동태적으로 응용된 것이다 (J.M. Smith, 1982). 모든 기업이 D전략을 채택한다면 이 게임의 내쉬 균형인 D-D에 도달하게 될 것이다. 만약 모든 기업이 깨끗한 기술을 사용한다면 사회적 공해율이 최소화가 되므로 (3,3)>(2,2)에 의하여 보다 높은 후생을 누릴 수 있음에도 불과하고, 만약 이러한 상황

4) 여기에서 근접이라는 용어를 사용한 것은 실상 아무도 시스템 자체의 합리성을 그 자체로서 알 수는 없을 것이라는 의미에서이다. 개인적 구성원과 사회 전체의 질서 사이에는 모종의 “불투명성”이 존재한다.

이 깨어진다면 그것은 곧 깨끗한 기술을 사용한 생산자의 도산을 의미하므로 모든 기업은 전략적으로 더러운 기술을 선호하게 된다. 이때 각각의 기술에 의한 기대이익을 계산하여 보자.

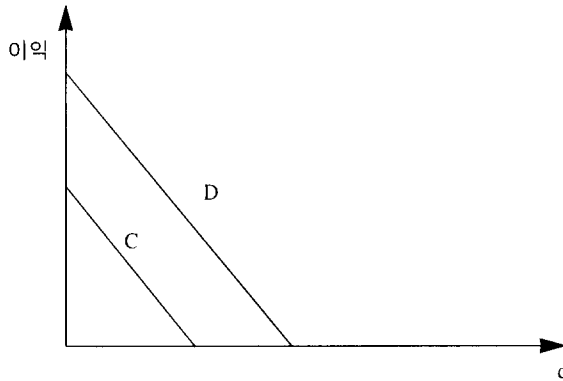
$$u(D) = 2d + 4c = -3d + 4$$

$$u(C) = 3c = -3d + 3$$

(이때 d 는 D기술을 선택할 확률, c 는 C기술을 선택할 확률을 나타낸다.

$$0 \leq d \leq 1, d+c=1$$

〈그림 3〉 t_1 에서의 이익 곡선



여기에서 어떠한 d 의 값에도 늘 D기술이 더 높은 기대 이익을 만들어내므로 모든 기업은 더러운 기술을 채택하게 되며, 제 1기에서 D기술은 ‘진화적으로 안정적인 전략’ (evolutionary stable strategy)을 구성하게 된다.

다시 제 2기의 게임에 대하여 생각하여 보자. 이 경우, 전체적인 더러운 기술 채용의 결과로 자연 파괴가 보다 진행되어 ‘생산의 기초’ 자체가 위협을 받아 (D,D)의 값이 떨어져 있으며 또한 깨끗한 기술의 비용이 더러운 기술과 같은 비용을 나타내기 때문에 두 가지의 경쟁이 동등하게 경쟁할 수 있게 된 상황이다. (전장의 비용모델 참조)

〈표 4〉 t_2 에서의 깨끗한 기술과 더러운 기술의 생산 게임표

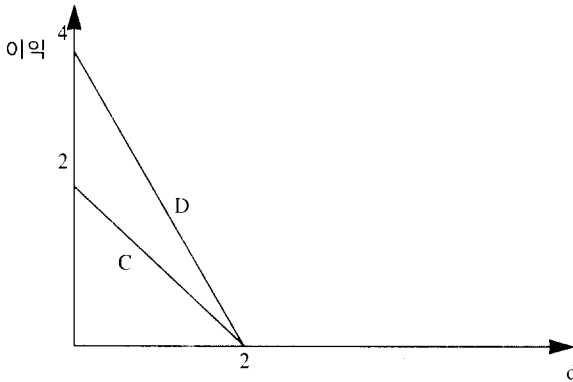
	D	C
D	(1, 1)	(2, 2)
C	(2, 2)	(4, 4)*

마찬가지로 여기에서 기대이익을 계산해보면

$$u(D) = d + 2r = 2 - d$$

$$u(C) = 2d + 4r = 4 - 2d$$

〈그림 4〉 t에서의 이익 곡선



이때 d 는 0과 1 사이에 있으므로 깨끗한 기술인 C기술을 선택하는 것이 내쉬 균형이며 동시에 ESS에 해당한다는 것을 알 수 있다. 즉 다른 생산자가 어떤 기술을 선택하는 지에 상관없이 C기술을 선택하는 것이 우등한 전략이 된다.

전장에 있던 비용 모델에 의하면 두가지 기술의 비용이 동일하다는 것 자체가 전체적으로 깨끗한 기술을 채택한다는 조건을 제공하지는 않지만, 지금의 전략 모델에 의하면 두가지 기술의 비용이 같아지는 것만으로도 모든 생산자가 깨끗한 기술을 채택할 충분한 조건이 된다는 것을 알 수 있다.⁵⁾

참고로 제 3기의 게임을 상정해보자. 이 경우에는 더러운 기술을 사용하는 것이 불가능한 경우를 나타낸다. 이것은 물리적으로 불가능할 수도 있지만 혹은 법적·제도적 장치에 의해서 환경과괴적인 기술의 사용이 불가능한 경우일 수도 있다.

5) 앞의 비용모델에서는 두 기술의 비용이 같아지는 제 2기에서 어느 기술을 사용할 것인가는 “결정불가능”의 상태에 놓여있다. 그러나 지금의 전략모델에서는 두가지 비용이 같지만 한다면 사회적으로 유리한 전략인 깨끗한 기술이 채택되게 된다.

〈표 5〉 4에서의 깨끗한 기술과 더러운 기술의 생산 게임표

	D	C
D	(0, 0)	(0, 5)
C	(5, 0)	(5, 5)*

마찬가지로 여기에서 기대이익을 계산해보면

$$u(D) = 0$$

$$u(C) = 5d + 5r = 5$$

*
* *

앞의 비용모델과 지금의 전략모델이 함유하는 내용은 거의 동일하다. 즉 생산자 자체의 계산 만으로 깨끗한 기술이 선택될 수 있는 것이 아니라 일정하게 이윤으로 변환될 수 있는 여건이 사회적으로 형성되어야 한다는 사실이다. 뒤의 모델에서 알아본 바와 같이 사회적으로 적어도 더러운 기술과 깨끗한 기술이 동일한 이윤조건을 만들어 줄 수만 있다면 일부의 생산자가 아니라 모든 생산자가 깨끗한 기술을 채택하게 될 것이다. 이런 상황은 (D,D)에 잠겨있는 현실 상황으로부터의 균형을 깨고 사회적으로 환경친화적인 새로운 균형을 만들어낸다는 의미를 가지고 있다. 또 이러한 상황에서 환경-사회로 나타난 체계적 합리성과 개인적 합리성이 일치할 수 있다.

여기에서 사회적 주체의 문제가 나타난다. 누가 이러한 여건을 만들어낼 것인가? 환경이라는 문제가 창출하는 “복잡성”의 문제 때문에 경제에 참가하는 모든 주체가 여건의 주체가 될 수도 있으며 또한 동시에 어느 누구도 혼자서는 이러한 여건을 만들어낼 수 없을 것이다.

2. 사회적 여건의 주체들

위의 모델에서 우리는 제 1국면에서 제 3국면으로의 전환은 단순하게 비용적 계산에 환원되지 않는다는 것을 알아보았다. 만약 진화론자들의 가정대로 제 1국면에서 환경과파괴적인 기술인 D기술이 사회적으로 일반화된 기술이라면, 이 상태에서 잠김현

상이 일어나 제 3국면으로 전환될 수 없다는 것은 자명하다. 시스템적 합리성에 의하면 제 3국면으로 빠른 시간 내에 전환하여 가는 것이 모두에게 도움이 될 것이지만, 이는 이 상태에 도달할 때까지 누군가가 “기술개발 비용”을 부담하고 있어야 한다는 것을 의미한다. 그렇다면 이 주체, 즉 개인의 합리성으로부터 도출될 수 없는 시스템의 합리성을 부담하는 주체는 누구일 것인가? 그리고 환경친화적인 기술의 도입과 혁신을 가능하게 하는 사회적 여건을 만드는 주체는 누구일 것인가?

1) 국가와 환경정책

공공의 문제에서 가장 먼저 등장하는 주체가 국가이듯이 우리는 환경문제에 있어서도 제일 먼저 정부를 주체로서 설정할 수 있을 것이다. 환경친화적 기술의 사용에 있어서 교부금을 지급한다든가 하는 직접적인 수단에서부터 환경친화적 기술을 사용하는 기업에 대해서 세제혜택 등을 주는 간접적인 수단 등이 존재할 것이다. 그러나 어느 기술이 다른 기술보다 환경친화적인가에 대해서 일일이 국가가 사전적으로(ex ante) 알고 있어야 한다는 ‘인식’의 가정이 필요하며, 또한 동시에 국가의 의사결정구조 자체가 시스템적 합리성과 일치하고 있는가에 대해서는 이론의 여지가 다분하다.

그러나 정책을 주관하는 기구로서 정부의 역할에 대해서는 누구도 부정할 수 없을 것이다. 무엇보다도 제도를 법제화시킬 수 있는 가능성을 가진 것은 국가이며, 이러한 면에서 환경적 기술도입의 여건을 만드는 일차적 주체는 국가이며 여기에서 정부의 역할은 보다 적극적으로 활용되어야 한다.

2) 기업과 환경산업

단기적인 이윤추구의 입장에서 기업은 환경친화적 기술을 도입하거나 혹은 개발할 아무런 유인도 즉각적으로 가지고 있지 않다. 그렇지만 위의 모델에서 설정한 가정을 옳다고 받아들일 때 장기적인 의사결정구조를 가지고 있는 기업은 C의 기술을 적극 도입하며 개발할 것이다. 물론 문제는 이렇게 간단하지 않다. 기술발전의 모델에서 실질적인 기술혁신자의 입장을 취할 것인가 혹은 기술도입자의 입장을 취할 것인가에 따라서 각개의 기업은 나름대로 복잡한 전략을 취할 것이다. 여기에서 중소기업과 대기업의 환경기술에 대한 입장 차이가 나타날 수도 있으며, 국제무역과 관련하여 여러가지 다른 입장이 발생할 수도 있을 것이다. 한가지 확실한 것은 단기적 합리성만 존재한다면 기업은 환경파괴적으로 나가게 되며, 장기적인 안목을 가지고 있을 때에도 비용하

락 (cost down) 등의 동인이 존재할 때에만 환경친화적인 기술을 채택하게 될 것이다.

그럼에도 불구하고 지속발전론 하에서의 현실적인 변화는 이러한 가정들을 뛰어넘어 환경친화성을 새로운 이윤의 원천으로 만들어준다는 것도 사실이다. 이러한 측면에서 스펀터식 기업가의 관점은 표준 모델에 나타나지 않는 기업의 “이윤”에 대한 특별한 행태들을 포착하는 데 도움을 줄 것이다. 한편으로는 환경이라는 새로운 이윤결정 요소에 적응을 해야한다는 진화론적 관점이 존재할 수 있을 것이며, 또 다른 한편으로는 환경기술에 의하여 생겨나는 일정한 “독점이윤”을 위하여 기업은 자발적이고 능동적으로 환경기술 개발을 선도해나갈 수도 있을 것이다. 그린라운드의 교훈은 환경은 비단 소극적으로 적응해야할 문제가 아니라 오히려 적극적인 기술혁신의 원천이 될 수도 있다는 사실인 것이다.

3) ‘녹색소비자’와 환경상품

환경비용을 부담하여 환경친화적 기술도입을 가능하게 해주는 주체들에 정부와 기업 외에도 우리는 소비자, 혹은 가계라는 또 다른 주체들을 가지고 있다. 왈라스적 의미의 소비자에게서 직접적으로 ‘녹색소비자’ 개념을 유도하는 것은 매우 곤란할 것이다. 그러나 한가지 분명한 점은 같은 가격 (혹은 유사한 가격)에 동일한 성능을 가지고 있다면 ‘자발적으로’ 환경상품을 사겠다는 ‘소비문화’의 창출이 존재하지 않는다면, 굳이 기업은 보다 공해를 덜 방생시키는 (혹은 에너지를 덜 소비하는) 기술을 개발하고 또 사용할 동인을 가지지 않을 것이라는 사실이다. 그렇다면 소비자는 녹색상품을 구입하게 되는가? 아마도 이 문제는 전통적으로 경제학 내에서 ‘심리적’ 문제로 간주되어 있는 소위 “경제외적 관계”에 해당할 것이지만, 굳이 구분을 하자면 합리성에 의한 방법과 윤리에 의한 방법이 존재할 것이다. “세대간 형평성”에 의하여 다음 세대를 위하여 자발적으로 환경친화적인 계산을 하는 것이 ‘경제적 합리성’에 의한 방법이라면, 윤리·도덕 등의 “의무론적” 범주에 의하여 녹색소비자가 되는 것은 “환경주의자”(Deep Ecology)의 입장일 것이다. 하여간 소비자가 보다 환경친화적인 기술에 의하여 생산된 상품을 사준다면 기업이 이윤 동기 (혹은 스펀터적 의미에서의 기술혁신의 동기) 만을 가지고도 환경파괴적인 기술의 잠김현상으로부터 빠져나올 수 있을 것이다.

이러한 녹색소비자 개념을 보다 적극적으로 해석한다면 “동일한 상품”이라는 가정을 완화시킬 수도 있다. 즉 환경적 요소가 다르다면 비록 동일한 효용을 가지고 있는

상품이라도 다른 상품으로 간주될 수 있어 동일제품의 가정이 변하는 것이다. 그렇다면 이러한 방식에 의하여 보다 비싼 상품을 구입할만큼 녹색소비자의 소비 패턴이 환경적인 의미에서 적극적일까? 이에 대해서는 구체적인 맥락에 대하여 연구하지 않는다면 경제학에서는 전혀 대답할 수가 없을 것이다. 그러나 동시에 금지되어 있지도 않다.

Ⅳ. 공진화(coevolution)와 질적 변화

환경문제의 경제학에의 도입은 단기계산적이라기 보다는 장기적이며 질적인 변화들을 수반하는 것들에 대한 이론틀을 요구한다. 즉 환경이라는 '외부적 한계'의 내재화는 단순하며 환원적인 과정이라기 보다는 복잡하며 비환원적인 요소들을 가지고 있다는 것이다. 이러한 면에서 우리는 이중의 공진화 개념을 설정할 수 있을 것이다(Norgaard, 1985).

1. 자연과 경제의 공진화

에너지적 관점 자체에서 보자면 산업 혁명 이전의 인간의 경제활동은 자연 자체의 '자정능력' (혹은 동화능력), 특히 지구적 규모의 생태계의 논리에 대하여 해결되기 곤란한 모순관계를 만들어내지 않았다. 그러므로 경제 체계의 역사는 이때까지는 자연에 대한 '적응'의 과정으로 이해될 수 있을 것이다. 그러나 화석원료를 본격적으로 사용하기 시작하면서 인간은 스톡 형태의 에너지를 사용하기 시작하였고 그로 인해 배출되는 공해 혹은 산업폐기물이 스톡을 형성하며 누적되기 시작하였다. 이러한 자연-인간의 관계에 의하여 인간 스스로도 자연을 보다 적극적으로 고려할 수밖에 없게 되었고, 이는 자연스럽게 '환경경영'의 개념들을 사회적으로 수용하지 않으면 안되는 자연적 여건을 만들었다. 이러한 면에서 노가아드(Norgaard)의 지적대로 인간과 자연은 공진화의 관계를 형성한다 할 수 있을 것이다. 이러한 여건 하에서 예전에는 국부적인 문제로만 간주되었던 환경문제가 경제의 주된 요소로서 등장할 수 있게 되었고, 나아가 새로운 '이윤의 요소'와 함께 국제 무역의 변수로 등장하게 되었다. 즉 인간 경제의 변화는 자연을 변화시키고 이러한 자연의 변화는 다시 인간의 경제를 변화시키는 공진화의 관계가 형성된 것이다.

2. 경제 주체간의 공진화

환경파괴적인 기술에서 환경 친화적인 기술로 이전하는 것은 단순히 이윤율의 조건이나 비용의 계산에 환원되지 않는다. 왜냐하면 이러한 경제적 변수 자체가 사회적 판단을 반영하기 때문이다. 폐기물 처리가 독일에서는 기간산업으로 발전함에도 불구하고 불란서에서는 그렇지 못한 것은 두 사회의 차이, 혹은 역사적 궤적의 차이에 의하여 설명될 수 있을 것이다. 즉 사회적 판단이 두 사회에 있어서 다르게 작용하였다는 것이다. 보다 비싼 기술을 사용함으로써 발생하는 비용을 사회적으로 어떻게 처리할 것인가의 문제가 이러한 사회적 여건에 해당할 것이다. 녹색소비자가 등장하여 환경친화적인 상품이 보다 많이 소비될 수 있다면, 이는 새로운 이윤 창출의 조건이 될 것이며, 이러한 여건 하에서 보다 환경친화적인 경영을 방침으로 삼는 기업이 등장할 수도 있을 것이다. 종합적으로 이러한 조건 하에서야 비로서 에너지의 낭비가 적어짐과 동시에 환경적 기술혁신이 가능할 것이다. 이때 이는 단순히 자연-경제의 문제가 아니라 경제적 구성요소인 주체들간의 행동전략, 혹은 행동 양상에 관련된 것이며, 그러므로 인간-인간의 문제라고 할 수 있다.

“그러므로 환경은 경제 시스템 특히 경제 성장에 작용하는 제약인 것만은 아니다. 환경은 새로운 가능성에 대한 개방일 수도 있는데, 예컨대 태양열을 사용하는 주요한 기술적 변화나 조절 양식의 변화 혹은 새로운 형태의 필요의 등장에 의하여 경제 조직의 새로운 형태가 등장하게 할 수도 있는 것이다. (Faucheux & Noel, 1995, p. 58)

*

* *


공진화를 염두에 둔 경제이론에서는 변화의 문제, 즉 구조와 질의 변화가 주요한 개념으로 등장하게 된다. 기업이나 소비자의 행동은 단기적인 의미에서의 이윤성에 즉각적으로 환원되지 않으며, 이러한 면에서 ‘외부성의 내재화’ 문제는 피구 식의 환경조세나 혹은 자유주의자의 ‘새로운 시장의 창출’ 문제 만으로 이해되어서는 곤란하다. 이러한 맥락 하에서 기술은 언젠가 도래할 완전한 기술인 Backstop technology 나 단순하게 비용절감에 의한 저렴한 기술 채택의 시각만으로 읽혀져서는 안된다. 보다 구체적으로 생산자들이 에너지를 덜 소비하고 또 혁신하게 되는 여건을 확보하는

것이 중요한 과제이며, 이러한 여건 형성의 주체는 국가-기업-소비자 공동의 몫이라고 할 수 있을 것이다. 이러한 ‘여건’의 변화로 우리는 질적 변화를 이해할 수 있을 것이며, 이러한 질적 변화는 기술진화론적 관점의 핵심이다.

V. 결론

기술의 문제는 인적 자본의 문제와 함께 현대 경제학에서 가장 비중있게 다루어지는 문제 중의 하나이다. 기술을 새로운 축적의 요소로 본 ‘내생성장론’에서나 혹은 진화의 요소로 본 진화론자의 입장에서나, 기술이 더 이상 외생 변수 혹은 파라메타로서 다루어져서는 안된다는 것은 명확하다.

실제로 한국 경제에서 환경의 문제가 심각하게 다루어지기 시작한 것은 얼마되지 않는다. ’70-’80년대의 경제 개발 기간 중 환경파괴적이며 에너지 낭비적인 기술이 비용 절감이라는 이유로 사회적으로 일반화되었기에 ’90년대 새로이 등장한 환경이라는 요소에 우리는 잘 적응하고 있지 못한 듯하다. 이러한 발전형 성장양식을 청산하는 ‘창조적 파괴’가 보다 환경친화적인 기술혁신의 계기가 될 수 있다는 사실을 보고에서는 기술진화적 관점에서 고찰하였다. 더욱이 “비환경적 양식”에 의하여 한국이 ’70년대부터 경제 개발양식을 운영하였다면, 이 또한 새로운 의미에서의 경로종속성을 만들게 된다.

성장과 환경, 그리고 이윤동기와 환경이 화해될 수 있다는 사실은 제로성장론을 비판하면서 자주 지적된 사실이다. 그러나 이러한 조화가 기계론적으로 환경이라는 새로운 예산제약을 도입함으로써 단순히 해결될 수 있는 것은 아니다. 실제로 이러한 제약이 ‘유기적’으로 내재화되기 위해서는 새로운 여건이 필요하며, 이때 자연적 조건만이 이 여건을 형성하는 것이 아니라 사회적 주체 자체도 이러한 여건에 참여하게 된다. 결국 녹색소비자의 존재없이 녹색상품이 개발될 수는 없는 것이며, 녹색정책도 이러한 기반이 존재하지 않는다면 지속적이고 안정적으로 재생상될 수 없을 것이다. 생산자로서의 기업은 기술도입의 일차적 주체이며 기술혁신의 담당자이다. 환경친화적인 기업과 환경파괴적인 기업 사이에서 보다 많은 환경친화적 기업이 “진화적 경쟁”에서 살아남을 수 있고, 그래서 환경친화적 기술의 채용이 보다 많은 이윤을 창출하며 기업이 ESS (진화적으로 안정적인 전략)로 채택되는 것이 기술 측면에서 고찰된 지속발전론의 핵심적 내용일 것이다. 

■ 참고문헌

1. Anderson P. W., Arrow Kenneth & Pines David (d.), 1988, *The Economy as an Evolving Complex System*, SFI Studies in the Sciences of Complex, Addison-Wesley Publishing Company
2. Arthur B., 1989, *Competing Technologies, Increasing Returns and Lock-in by Historical Events*, *Economic Journal*, 99, 116-131
3. Berham J. & Schembri P., 1995, "Environnement et orientations stratégiques du changement techniques", *Economie appliquée*, tome XLVIII, n3, 39-69
4. Booth Douglas E., 1994, *Ethics and the limits of environmental economics*, *Ecological Economics*, n9, pp.241-252
5. Boulding Kenneth E., 1970, *Economics as a Science*, New-York, McGraw-Hill Books, 157p
6. -, 1971b, *Environment and economics*, in *Collected Papers of Boulding*, tome III,
7. -, 1971c, *Economics and Ecology*, *Collected Papers of Boulding*, tome III,
8. -, 1985, *The World as a Total System*, New York, Sage Publications
9. Burstein C. & Vingeron J. (sous la direction de), 1993, *Ecoproduit : Concepts et méthodologies*, *Economica*, Paris
10. Cairncross Frances, 1991, *Les marchés verts : Réconcilier croissance économique et écologie*, Paris, Les Editions d'organisation, 286P
11. Daly H.E., 1977, *Steady State Economy*, W.H. Freeman, San Francisco, Ca
12. Daly E. & Townsend K. T., 1993, *Valuing the Earth*, The MIT Press, Massachussets
13. David P., "Clio and the Economics of QWERTY", *American Economic Review*, 75, n.2, 1985, 332-337

14. Dosi & al. (edited), 1988, *Technical Change and Economic Theory*, Printer Publishers, London and New York
15. Faucheux Sylvie & Noel Jean-Francois, 1990, *Les menaces globales sur l'environnement*, Paris, La D couverte, 124p
16. -, 1995, *Economie des ressources naturelles et de l'environnement*, Paris, Armand Colin, 370p
17. Froger Graldine & Zyla Eric, 1994, *Decision-Making for Sustainable Development : Orthodox or System Dynamic Models*, c3e, n94-05
18. Georgescu-Roegen Nicholas, 1970, *La science économique : ses problèmes et ses difficultés*, Paris, Dunod, 283p
19. -, 1976, *Energy and Economic Myths : Institutional and Analytical Economic Essays*, New York, Peramon Press, 370p
20. Godard Oliver & Salles Jean-Michel, 1991, *Entre nature et société : Les jeux de l'irréversibilité dans la construction économique et sociale du champ de l'environnement*, in *Les figures de l'irréversibilité en économie*, (sous la direction de Robert Boyer et al.), Editions de l'école des hautes études en sciences sociales, pp.235-272
21. Godard Olivier & Beaumais Olivier, 1994, *Economie, croissance et environnement : De nouvelles stratégies pour de nouvelles relations*, *Revue Economique*, numro hors série, "Perspectives et réflexions stratégiques moyen terme"
22. Godard Olivier, 1990, *Environnement, modes de coordination et systmes de légitimité: analyse de la catégorie de patrimoine naturel*, *Revue conomique*, mars, vol.41, n2
23. Guerrien Bernard, 1995, *La thorie des jeux*, Economica, Paris
24. Hammerstein P., 1994, *Game Theory and Evolutionary Biology*, in *Handbook of Game Theory*, Edited by R.J. Aumann and S. Hart
25. Hanusch Horst (d.), 1988, *Evolutionary Economics : Application of*

- Schumpeter's Ideas*, Cambridge, Cambridge University Press, 397p
26. Kneese Allen V. & Schultz William D., (1985), *Ethics and Environmental Economics*, Handbook of Natural Resource and Energy Economics, Vol I, North-Holland
27. Markandya Anil & Richardson Julie (d.), 1993, *The Earthscan reader in Environmental Economics*, London, Earthscan Publications, 469p
28. Meadow Donella H., Meadow Dennis L., & Randers Jrgen, 1992, *Beyond the Limits : Global Collapse or a Sustainable Future*, London, Earthscan Publications, 300p
29. Meadow Donnella H. & al., 1974, *Rapport sur les limites de la croissance*, Paris, Fayard
30. Mishan E. J., 1973, IIs, Bads and Disamenties, *The No Growth Society* (Olson, 1973), pp.89-102
31. Nelson Ricard R. & Winter Sidney G., 1982, *An Evolutionary Theory of Economic Change*, Cambridge, The Belknap Press of Harvard University, 437p
32. Norgaard Richard B., 1985, *Environmental Economics : An Evolutionary Critique and a Plea for Pluralism*, Journal of Environmental Economics and Management, n12, p.386.
33. Pearce D. W. et Turner R. K., 1990, *Economics of Natural Resources and the Environment*, Harvest Wheatsheaf, Hemel Hempstead Hertfordshire
34. Pillet Gonzague, 1993, *Economie écologique : Introduction à l' économie de l' environnement et des ressources naturelles*, Genve, Georg diteur, 223p
35. Pines David, 1988, *The Economy as an Evolving Complex System*, SFI Studies in the Science of Complexity , Addison Wesley Publishing Company, pp.3-6
36. Romer Paul M., 1986, *Increasing Returns and Long-run Growth*,

- Journal of Political Economy, vol 94, n5, pp.1002-1037
37. - , 1990, *Endogenous Technical Change*, Journal of Political Economy, n98, pp.s71-s102
38. Rousseas Stephan, 1981, *Capitalisme et catastrophe : études critique des limites du capitalisme*, Paris, Economica, 143p
39. Salai-i-Martin Xavier, 1990, *Lecture Notes on Economic Growth (1) & (2): Introduction to the literature and neoclassical models*, NBER Working Paper, n3563-3564, Yale University
40. Schembri Patrick, 1993, *Préoccupation environnementales de la théorie néo-autrichienne du capital*, C3E, n93
41. Smith J. M., 1982, *Evolution and the Theory of Games*, Cambridge University Press, Cambridge
42. Sderbaum Peter, 1987, *Environmental Management : A Non-Traditional Approach*, Journal of Economic Issues, vol 21, n1, Mars, pp.139-165
43. Swanay James A., 1987, *Elements of a Neoinstitutional Environmental Economics*, Journal of Economic Issues, vol 21, n4, pp.1739-1779
44. Tang Anthony et al. (d.), 1976, *Evolution, Welfare, and Time in Economics : Essays in Honor of Nicholas Georgescu-Roegen*, Massachusetts, Lexington Books, 182p
45. Theys Jacques, 1995, *Perspective de l'environnement : la nature est-elle gouvernable*, Problème conomique, n2
46. Ulrich Witt (d.), 1993, *Evolutionary Economics, Recueil des articles sur l'conomie évolutionniste*, Cambridge, Edward Elgar Publishing Company
47. Veblen T., 1898, *Why is Economics not an Evolutionary Science?*, The Quarterly Journal of Economics
48. Vivien Franck-Dominique, 1994, *Economie et écologie*, Paris, La Dcouverte, 121p