

중국의 지역별 전통적 생산성과 환경조정생산성의 비교

박혜란¹⁾·강상목¹⁾*

Comparison of Traditional Productivity and the Environmentally-Adjusted Productivity in the Chinese Regions

Park, Hae-Ran · Kang, Sang-Mok*

1) 부산대학교 상과대학 경제학과(Department of Economics, Pusan National University)

제 출 : 2009년 5월 14일 승 인 : 2009년 8월 31일

국 문 요 약

본 연구의 목적은 중국의 28개 성과 자치주를 대상으로 성장회계분석에 기초하여 전통적 생산성 성장과 환경조정 생산성 성장을 비교함으로써 각 지역의 생산성에 미치는 환경요소의 효과와 경제성장의 주된 요소를 실증적으로 계측하고자 함이다. 추가적으로 환경조정 생산성 변화를 측정하기 위해서 중국 지역별 SOx의 잠재가격을 측정할 것이다. 1997년~2005년 동안 중국은 장기적으로 10.06%인 고도의 경제성장률을 보였다. 지역별로 동부의 성장이 가장 빠르고 중부의 성장률이 가장 낮다. 전통적 총요소생산성은 평균적으로 3.56%로 나타났고 지역별로 동부가 가장 높았다. 환경조정된 생산성 증가율은 평균적으로 3.57%로서 전통적 생산성 증가율과 큰 차이는 나지 않았다. 이는 세 지역에서 오염저감활동이 적극적으로 이루어지지 못하고 있음을 보여준다. 따라서 정책적으로 중국 정부에서는 환경규제를 부단히 강화시키거나 제정된 환경규제를 엄격히 집행할 필요가 있다.

■ 주 제 어 ■ 중국의 성장회계분석, 환경조정생산성, 통합산출량, 오염잠재가격

Abstract

The purpose of this paper is to clarify the main components of economic growth and the effects of environmental factorson productivity by comparing traditional productivity growth and environmentally-adjusted productivity growth in 28 Chinese regions based on growth accounting analysis. To do this, we measured the shadow prices of SOx for the 28 Chinese regions. This study found that the annualized growth rate of output in the 28 Chinese regions was almost 10.07% for 1999-2005, though the growth rate was higher in the eastern region than in the middle and western

regions. The average traditional productivity was 3.58%, again with the eastern region showing the highest level. The average environmentally-adjusted productivity of the three regions was about 3.56%, which is similar to the level of traditional productivity. This implies that activities regarding pollution reductions in the 28 Chinese regions have not been practiced, even though environmental regulations have been strengthened. Therefore, the regional and central governments should strengthen environmental regulations and strictly enforce them.

■ **Keywords** ■ Growth Accounting Analysis, Environmentally-Adjusted Productivity, Integrated Output, Shadow Price of Pollution

I. 서론

중국은 1978년 이래 등소평을 중심으로 하는 실용주의적 집권층이 등장하면서 개혁개방 정책을 실시하고 경제발전의 우선순위를 두는 정책의 대전환이 나타났다. 그 후 중국은 놀라운 지속적인 고도의 경제성장률로 세계의 관심을 집중시켜 왔다. 하지만 빠른 경제성장 위주의 개혁은 지리적으로 해안에 위치한 동부지역을 중심으로 이루어짐으로써 지역성장의 심각한 불균형과 빈부격차를 초래하였고 다른 한편으로 환경상태를 거의 고려하지 않아 자원과 에너지의 과다남용, 수질오염, 대기오염, 산성비 등과 같은 엄청난 환경파괴를 야기하였다. 중국이 1만 달러의 가치를 창조하는데 들어가는 재료는 일본의 7배, 미국의 6배이고 같은 개도국인 인도와 비교하였을 때도 3배나 된다. 그리고 현재 국토의 1/3면적이 산성비의 침해를 받고 있고 7대 하수 중 절반이 심각한 오염을 보이고 있다. 또한 전국 도시의 1/3인구가 오염된 공기를 흡수하고 있다. 최근 중국의 가장 심각한 환경문제로서 자원부족 현상, 생태환경파괴, 과다한 오염배출량 등이 언급되고 있다. 서양 선진국의 몇 백 년 동안 발생한 문제가 중국에서는 최근 30년 동안 집중적으로 나타나고 있다.

한편, 중국정부에서는 생태환경의 중요성을 인식하고 악화된 환경상태를 완화하기 위하여 여러 가지 정책을 실시하였다. 중국의 환경정책은 1973년부터 실시하였으며 1978년부터 개혁개방하는 동시에 환경보호를 기본국책으로 확립하고 환경보호정책에 착수하여 1992년에 이르러 기본적인 환경정책을 형성하였다. 1996년부터는 환경보호정책을 점차 강화시켰으며 溫家寶정부(2003)에 이르러 환경보호와 경제발전을 동시에 중시하는 정책을 반포하였다. 1996~2005년 사이에 중국은 50여건의 행정법규를 제정하였고 800여건의 국가환경보호 규정을 반포하였다. 이 기간에 7만 5천개 여건의 환경위법행위를 처리하였으며 환경법규 위반기업 1만 6천개를 도산시켰다. 2005년에는 산업정책에 부합하지 않은 강철, 시멘트, 합

금, 제지, 방직날염, 코크스 등 2600개의 공장을 처벌하였고 1996~2000년 사이에 자원낭비와 오염이 지나친 소기업 8만 8천개를 강제로 폐업시켰다. 이렇게 중국정부는 1973년부터 환경오염의 중요성을 인식하고 1990년대 후반부터 강화된 환경정책을 실시한 것으로 보이나 빠른 경제성장으로 인하여 오염물 배출량 역시 지속적으로 크게 증가함에 따라서 환경정책의 실효성이나 환경규제의 강도에 대한 의구심이 제기되고 있는 실정이다(중국환경보호국, 2006).

Krugman(1994)등 많은 경제학자들은 총요소생산성을 지속가능한 경쟁력의 중요한 지표로 간주하고 있다. 그런데 전통적인 생산성 측정방법은 기업의 오염저감활동을 총요소생산성 측정에 반영하지 않고 환경친화적 생산활동을 통하여 생산성이 향상될 수 있는 측면을 고려하지 않는다. 이처럼 전통적 생산성 측정은 오염저감에 적극적인 기업의 생산성을 과소평가할 우려가 있으므로 본 연구는 중국의 지역별 생산성 측정에 오염저감활동도 생산량 증가에 포함시킴으로써 정확한 생산성 성장을 측정하고자 한다. 즉, 이러한 생산성 척도로서 환경조정된 생산성을 측정함으로써 오염저감활동을 건전한 생산활동의 일부로 포함시키고자 한다. 따라서 본 연구의 목적은 중국의 28개 성과 자치주를 대상으로 전통적 생산성 성장과 환경조정 생산성 성장을 측정하여 비교함으로써 각 지역의 생산성에 미치는 환경규제의 효과와 경제성장의 주된 요소를 실증적으로 계측해 보는 것이다. 그리고 점점 강화되고 있는 환경보호정책이 각 지역에서 상이한 효과로 나타나는지 살펴보고 경제요소와 환경요소를 동시에 고려하는 지속가능한 성장을 위한 정책방안을 제시한다. 환경조정 생산성 변화를 측정하기 위해서는 오염의 잠재가치가 필요하고 이를 위하여 중국 지역별 오염의 잠재가격을 측정할 것이다.

환경을 고려한 생산성 지수에 관한 선행연구로서 Pittman(1983)은 한계감소비용에 의해 근사치를 도출하기 위하여 오염의 잠재가격(shadow price)을 이용하여 오염물질의 경제적 가치를 측정한 바 있다. 즉, 바람직한 산출물과 바람직하지 못한 산출물을 모두 산출물로 포함하는 MPI(Multilateral Productivity Index)를 제시하였다. Oskam(1991)과 Ball et al.(1994)은 Pittman(1983)의 방법을 적용한 바 있고 Barnes(2002)는 Oskam(1991)과 같이 생산활동에 오염물을 포함시켜서 총요소생산성 지수를 유도하였다. 반면에 Repetto et al.(1996)와 Nanere et al.(2007)는 전통적 생산성 측정방법이 무시하였던 오염감소의 사회적 편익을 총요소생산성에 반영하여 전통적 생산성을 환경조정된 생산성과 비교한다. 즉, 이들은 오염배출량의 환경피해비용을 감안하여 수정된 생산성 변화를 측정하였다.

한편, 생산활동에서 거리함수에 기초한 오염의 잠재가격의 유도는 Färe et al.(1993)이

처음으로 시도한 바 있다. 이런 유형의 오염의 잠재가격의 측정방법을 활용한 연구들로는 Coggins and Swinton(1996), Swinton(1998), Rezek and Perrin(2004), Färe, Grosskopf, and Weber(2006), 이명현(2007) 등이 있다.

본 연구는 Repetto et al.(1996), Nanere et al.(2007)과 같이 성장회계접근 방법을 이용하여 환경조정된 생산성을 시도하지만 오염의 잠재가격은 오염피해의 사회적 비용을 이용하기보다는 생산활동 상에서 유도할 수 있는 오염의 잠재가격을 이용하여 환경조정된 생산성을 추정할 것이다.¹⁾ 따라서 본 연구는 Repetto et al.(1996)의 성장회계접근법과 Färe et al.(1993)의 오염잠재가격 추정방법을 결합하여 환경조정된 생산성을 추정함으로써 이를 전통적 생산성과 비교한다. 특히 생산 활동상의 비용으로 간주되어 온 오염저감비용을 오염잠재가격을 이용하여 바람직한 생산량의 일부로 반영해 줌으로써 산출량과 총요소생산성 성장에 추가해준다. 비록 산출량 성장보다도 오염저감활동에 많은 노력을 기울인 생산업체라 하더라도 높은 가치를 부여받을 수 있도록 기존의 산출량과 오염저감활동의 생산량을 결합한 통합산출량을 통하여 그 경제적 성과를 측정한다.²⁾ 이것은 오염저감활동을 산출물 증대와 동일하게 간주해줌으로써 왜곡된 생산성을 조정한다. 지금까지 중국의 지역을 대상으로 오염의 잠재가격과 이를 통한 환경조정 생산성을 계측한 연구는 없었다. 본 연구는 처음으로 중국의 28개 성과 자치주를 대상으로 지역별 오염잠재가격을 측정하고 전통적 생산성 성장과 환경조정 생산성 성장을 비교한다는 점에서 선행연구와 구별된다.

이하 제Ⅱ장에서는 환경조정된 생산성변화를 고려한 성장회계모형과 오염가중치를 구하는데 필요로 하는 오염물의 잠재가격 모형을 제시할 것이고, 제Ⅲ장에서는 실증에 사용될 통계자료 제시와 이론모형에 기초한 전통적 생산성변화와 오염배출량의 잠재가격 및 환경조정된 생산성 변화 등을 실증적으로 분석할 것이다. 제Ⅳ장에서는 정책적 시사점과 함께 결론을 제시할 것이다.

1) Repetto et al.(1996)에 의한 오염의 피해추정은 시간, 장소, 기후, 인구수 등 많은 불확실성이 존재하므로 그 정확도가 크게 떨어진다. 또한 오염량의 피해추정은 지역에 따라서 상이하고 같은 오염물에 대해서도 연구자에 따라서 큰 차이를 보이므로 부정확하다. 따라서 본 연구는 생산활동상의 오염잠재가격을 이용한다.

2) 통합산출량은 바람직한 산출량과 오염배출량의 잠재가치를 통합한 것이다. 오염물의 잠재가치는 오염물과 오염물의 단위 가치를 산출량으로 환산하여 도출한다.

II. 이론 모형

일반적으로 총요소생산성은 총산출량의 성장에서 각 생산요소의 기여분을 제외한 잔차로 측정한다. 이 잔차는 흔히 지식의 진보 내지 기술의 진보를 의미하고 경제의 지속가능성을 평가하는 지표로 사용한다. 총요소생산성의 측정은 다양한 분야에서 수많은 연구가 이루어졌으나 환경요소를 고려한 연구는 별로 많지 않다. 그 원인은 오염물의 시장가치가 존재하지 않기 때문이다. 최근 환경재의 가치에 대한 연구와 오염의 잠재가격에 대한 연구가 확대되면서 환경을 포함한 진정한 생산성을 측정하려는 시도가 확대되고 있다. 즉, 전통적 생산성은 오염을 충실히 저감하는 기업의 활동을 생산성에서 제외하므로 오염을 저감하는 현실을 무시함으로써 왜곡된 생산성을 도출할 수 있다. 따라서 본 연구는 오염저감활동의 차이의 고려여부를 중심으로 전통적인 생산성 모형과 환경을 고려한 생산성 모형을 비교함으로써 그 차이를 파악하고자 한다. 모형에서는 먼저 일반적인 성장회계모형과 환경조정된 성장회계모형을 제시할 것이고 다음 환경조정 생산성 도출에 필요한 오염의 잠재가격 추정 모형을 소개할 것이다.

1. 성장회계에 의한 생산성 측정

환경조정생산함수를 도출하기 위하여 우선 전통적 측정법에 기초하여 다음과 같은 생산함수를 가정한다.

$$Y = F(A, L, K) = A(t) \cdot F(L, K) \quad (1)$$

식(1)에서 Y는 총생산량, F는 생산함수, A는 총 요소생산성, L는 노동투입량, K는 자본스톡을 의미한다. 이는 투입요소와 산출량의 관계를 보여주는 전형적인 생산함수이다. 각 요소의 성장률을 얻기 위하여 (1)식의 양변을 시간(t)에 대하여 미분을 하면 다음과 같다. 즉,

$$\begin{aligned} \frac{dY}{dt} &= \frac{dA(t)}{dt} \cdot F(L, K) + A(t) \cdot \frac{\partial F(L, K)}{\partial t} \\ &= \frac{dA}{dt} \cdot \frac{Y}{A(t)} + \frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{dL}{dt} + \frac{\partial Y}{\partial K} \cdot \frac{dK}{dt} \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)를 다시 양변에 Y로 나누면 다음과 같이 성장률을 얻는다.

$$\frac{\dot{Y}}{Y} = \frac{\dot{A}}{A} + \left(\frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{L}{Y}\right) \cdot \frac{\dot{L}}{L} + \left(\frac{\partial Y}{\partial K} \cdot \frac{K}{Y}\right) \cdot \frac{\dot{K}}{K} \quad (3)$$

식(3)에서 $\dot{Y} = \frac{dY}{dt}$, $\dot{A} = \frac{dA}{dt}$, $\dot{L} = \frac{dL}{dt}$, $\dot{K} = \frac{dK}{dt}$ 이고 총요소생산성의 변화는 생산물의 증가율에서 투입물 증가율의 차이로 정의되므로 총요소생산성 변화는 다음과 같이 도출한다.

$$\begin{aligned} \frac{\dot{A}}{A} &= \frac{\dot{Y}}{Y} - \left(\frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{L}{Y}\right) \cdot \frac{\dot{L}}{L} - \left(\frac{\partial Y}{\partial K} \cdot \frac{K}{Y}\right) \cdot \frac{\dot{K}}{K} \\ \Rightarrow \frac{\dot{A}}{A} &= \frac{\dot{Y}}{Y} - S_k \frac{\dot{K}}{K} - S_L \frac{\dot{L}}{L} \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)에서 $\frac{\dot{Y}}{Y}$ 는 경제성장률, $\frac{\dot{A}}{A}$ 는 총요소생산성, $\frac{\dot{K}}{K}$ 는 자본성장률, $\frac{\dot{L}}{L}$ 은 노동성장률을 의미한다. $S_k = \left(\frac{\partial Y}{\partial K} \cdot \frac{K}{Y}\right)$ 와 $S_L = \left(\frac{\partial Y}{\partial L} \cdot \frac{L}{Y}\right)$ 를 각각 총 산출에서의 자본소득의 기여도와 노동소득의 기여도로 정의하고 증립된 기술진보를 가정하였기에 그 합은 1이다. 식(4)는 총요소생산성을 도출하는 일반적 성장회계모형이다.

한편, 이러한 일반적 성장회계모형에 오염물을 포함시킴으로써 환경조정된 성장모형을 유도하고 환경조정 생산성을 도출할 수 있다. 즉, 오염배출량을 바람직한 산출량과 결합한 통합산출량을 도입하고자 한다. 통합산출량은 시장가치의 바람직한 산출물과 오염의 잠재가격으로 구한 오염물의 잠재가치를 결합하여 정의할 수 있다. 즉, 통합산출량은 다음과 같이 표시된다.³⁾

$$\frac{\dot{O}}{O} = S_y \frac{\dot{Y}}{Y} + S_w \frac{\dot{W}}{W} \quad (5)$$

3) 통합산출량은 $o = f(y,w)$ 의 함수로 두면 식(7)의 성장률을 얻는다.

식(5)에서 $\frac{\dot{O}}{O}$ 는 통합산출량의 변화율, $\frac{\dot{W}}{W}$ 는 오염물잠재가치의 변화율을 의미한다. S_y 와 S_w 는 각각 산출물과 오염물 잠재가치의 가중치를 나타내며 그 합은 1이다. 좌변의 통합산출량의 변화율은 바람직한 산출물의 변화율과 오염물 잠재가치의 변화율의 가중화된 평균과 동일하다. 물론 오염물은 피해를 주기 때문에 음(-)의 잠재가치를 갖는다.

다음 환경조정된 생산성을 A^* 로 가정하자. A^* 의 총 요소생산성의 변화율은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{\dot{A}^*}{A^*} &= \frac{\dot{O}}{O} - S_k \frac{\dot{K}}{K} - S_l \frac{\dot{L}}{L} \\ &= S_y \frac{\dot{Y}}{Y} + S_w \frac{\dot{W}}{W} - S_k \frac{\dot{K}}{K} - S_l \frac{\dot{L}}{L} \end{aligned} \quad (6)$$

식(6)의 환경조정된 생산성 변화율은 일반적 생산성 변화율과 동일하게 산출물과 오염물의 잠재가치를 결합한 통합산출량의 변화율에서 각 투입요소 변화율을 차감함으로써 얻는다. 일반적 총요소생산성 변화를 구하는 식(4)를 식(6)에 대입하면 다음의 관계식을 얻는다.

$$\frac{\dot{A}^*}{A^*} = \frac{\dot{A}}{A} + S_w \left(\frac{\dot{W}}{W} - \frac{\dot{Y}}{Y} \right) \quad (7)$$

식(7)는 전통적 생산성 변화율과 환경조정된 생산성 변화율의 관계를 보여준다. S_w 는 오염의 가중치로써 오염이 음(-)의 가치를 가지기 때문에 마이너스(-)가 된다.⁴⁾ 우변의 두 번째항에서 오염가치 증가율이 산출량 증가율보다 큰 경우는 $S_w \left(\frac{\dot{W}}{W} - \frac{\dot{Y}}{Y} \right)$ 가 음(-)이 되므로 환경조정된 생산성 변화율은 전통적 생산성 변화율보다 크고 환경을 제외한 생산성 변화율은 과소평가되었음을 의미한다. 반대로 오염가치 증가율이 산출량 증가율보다 작은 경우에는 $S_w \left(\frac{\dot{W}}{W} - \frac{\dot{Y}}{Y} \right)$ 가 양(+)이 되므로 환경조정된 생산성 변화율은 전통적 생산성 변화율보다 작은 값을 갖게 되고 일반적 생산성 변화율은 과대평가된다.

4) 오염물 잠재가치가 음(-)의 부호를 가지므로 S_w 도 음(-)의 부호를 갖는다.

이와 같이 환경조정된 생산성변화율을 구하려면 오염물 잠재가치의 성장률과 가중치인 S_w 의 추정이 필요하다. 이는 오염물과 오염물의 잠재가격에 의하여 결정된다. 단위당 오염의 잠재가격은 기업이 오염물을 1단위 저감하기 위해서 포기해야만 하는 산출량의 수준으로 측정한다. 생산활동과정에서 생산주체는 환경규제로 오염을 저감해야하고 이를 위해서 종전에 산출량을 위해 투입되던 자원을 오염저감을 위한 자원으로 전환해야만 한다. 한정된 자원 하에서 이러한 전환은 오염저감과 산출량 축소간에 대체관계를 갖게 된다. 본 연구에서는 이러한 산출량과 오염물의 생산과정상에서 한계전환율을 이용하여 오염물의 잠재가격을 도출하게 된다.

2. 오염의 잠재가격모형

생산단위가 바람직한 산출물과 유해한 오염물을 동시에 생산한다고 가정할 때 지속가능한 성장에 부합하는 효율의 측정방법은 바람직한 산출물의 증가와 동시에 오염물의 감소를 고려하는 것이다. 이러한 효율성을 측정하기 위하여 산출물과 오염물의 상이한 이동방향을 부여할 수 있는 방향거리함수를 도입할 수 있다. Chung, Fare and Grosskopf(1997)이 제시한 방향거리함수는 주어진 기술수준에서 유익한 산출물을 최대한으로 확장하면서 동시에 유해한 오염물을 최소한으로 축소한 방법으로 계측된다.⁵⁾ 이를 위하여 바람직한 산출물 $y \in R_+^M$, 투입물 $x \in R_+^N$, 오염물 $b \in R_+^L$ 로 정의하자. 생산가능집합 $F(x)$ 는 투입물과 산출물 벡터 집합으로 투입물 x 로 산출물과 오염물 집합 (y, b) 를 생산한다고 가정한다. 이때 오염물을 포함한 방향거리함수는 다음과 같이 정의한다.

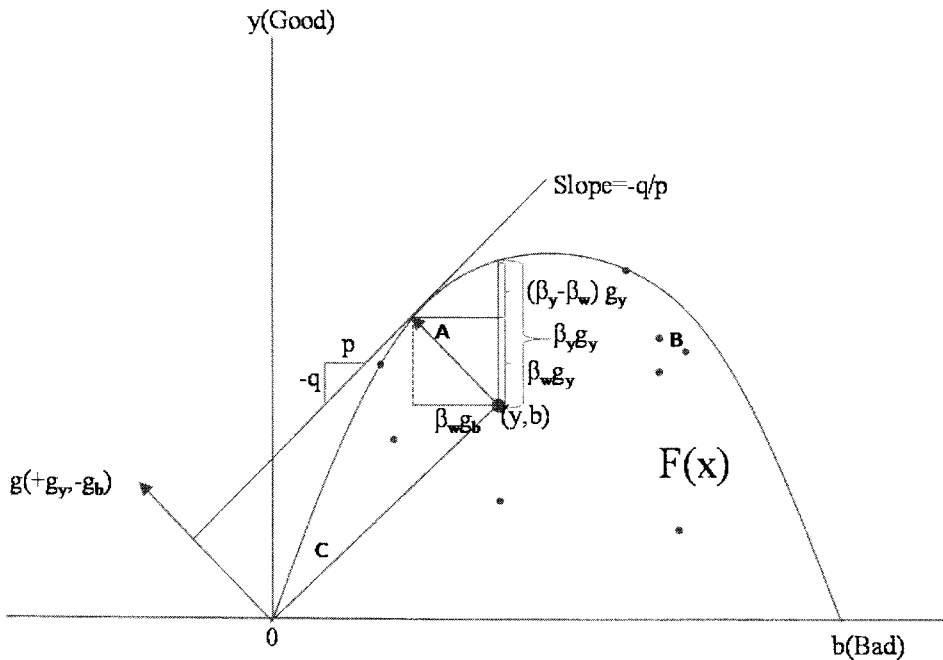
$$\vec{D}_0(x, y, b; g_y, -g_b) = \{\beta : (y + \beta g_y, b - \beta g_b) \in F(x)\} \quad (8)$$

식(8)에서 $\vec{D}(\cdot)$ 는 방향거리함수이고, β 는 방향거리함수의 생산효율 값이다. 방향벡터 $(+g_y, -g_b)$ 는 산출물을 증가하고 오염물을 감소하는 방향벡터를 의미한다. 이 함수는 임의의 생산단위 (y, b) 가 g 를 따라서 실제 자료를 바탕으로 형성한 생산가능프론티어에 떨어진 정도를 측정한다. $\vec{D}(\cdot) > 0$ 이면 프론티어 내부에 있으므로 비효율적이고 $\vec{D}(\cdot) = 0$

5) Chung Y. H., Fare, R. and S. Grosskopf, 1997, "Productivity and Undesirable Output : A Directional Distance Function Approach". *Journal of Environmental Management* 51 :229-240.

이면 프론티어상에 위치하므로 효율적이다. 즉 프론티어로부터 멀리 떨어져 있을수록 기술 효율이 낮다. <그림1>은 방향거리함수에 기초하여 산출물과 오염물로 구성된 산출물집합 $F(x)$ 내의 임의의 한 점 (y,b) 에서 측정한 두 가지 형태의 방향거리함수와 방향거리함수가 프론티어에 도달한 점에서 접선의 기울기를 보여준다.

그림1 방향거리함수와 오염잠재가격 측정



<그림1>에서 (y,b) 는 임의의 비효율적인 생산단위를 표시하고 $\beta_w g_y$ 와 $\beta_w g_b$ 는 산출물은 증가하고 동시에 오염물은 감소하는 방향거리를 의미한다. 반면, $\beta_y g_y$ 는 오염물을 일정하게 고정시킨 상태에서 바람직한 산출물만 증가시킬 경우 방향거리를 표시한다. 만약 생산 단위들이 환경규제로 인한 오염물에 대한 비용부담 없이 자유롭게 처분가능하면 비효율적인 생산단위 (y,b) 는 생산량을 $\beta_y g_y$ 만큼 더 생산할 수 있고, 만약 오염물에 대한 처리비용을 부담해야 하는 경우, $\beta_w g_b$ 만큼의 오염물을 줄이면서 $\beta_w g_y$ 만큼 생산할 수밖에 없다. 이 때 $(\beta_y g_y - \beta_w g_y)$ 는 $\beta_w g_b$ 만큼 오염배출량을 줄이기 위하여 포기해야 하는 추가적인 산출량의 거리이다. $\beta_w g_b$ 에 대한 $(\beta_y g_y - \beta_w g_y)$ 의 비율은 한계 산출량에 대한 한계 오염물 변화의 상대적

인 가격에 근접한다. 이와 같이 오염물의 잠재가격(p_b)은 두 방향거리함수의 기울기와 산출물의 가격에 의하여 결정된다. 즉, Färe and Grosskopf(2004)의 정의에 의하면 오염물의 상대가격 내지 두 방향거리함수의 기울기는 한계전환률(the marginal rate of technical transformation)을 의미한다.⁶⁾ 즉,

$$\frac{p_b}{p_y} = \frac{\partial \vec{D}/\partial b(x, y, g_y, -g_b)}{\partial \vec{D}/\partial y(x, y, b g_y, -g_b)} = MRTT_{y, b} \quad (9)$$

식(9)에서 p_y 을 이항하면 다음과 같은 오염물 잠재가격을 유도할 수 있다.

$$p_b = p_y \frac{\partial \vec{D}/\partial b(x, y, g_y, -g_b)}{\partial \vec{D}/\partial y(x, y, b g_y, -g_b)} = p_y \frac{\partial y}{\partial b} = p_y \frac{(\beta_y - \beta_w) g_y}{\beta_w g_b} \quad (10)$$

식(10)의 오염물의 잠재가격(p_b)은 오염물을 한 단위 저감하기 위하여 바람직한 산출물을 얼마나 포기해야만 하는가를 측정한다. 오염물의 잠재가격은 바람직한 산출물의 단위가격이 일정할 경우 접선의 기울기가 클수록 증가한다. <그림1>의 점(y, b)을 프론티어 상의 점으로 투사할 경우 그 접선은 우상향의 기울기를 갖게 되므로 오염의 잠재가격은 양(+)⁷⁾의 값을 갖는다. 반면 프론티어 내부에 위치한 한 점에 대하여 방향거리함수를 가정할 경우 프론티어 도달점에서 기울기가 수평선이나 우하향하는 경우에 그 값은 0 혹은 음(-)의 값을 갖는다. 접선의 기울기가 0일 경우나 우하향하는 경우는 오염처리에 추가비용이 들지 않는 것을 의미하므로 환경규제가 부담이 되지 않거나 환경규제가 오염저감의 실효성이 없음을 의미한다. 이처럼 식(10)에서 구한 오염물의 잠재가격(p_b)에 오염배출량을 곱하면 잠재가치를 구할 수 있고 나아가 오염잠재가치의 성장률과 오염가중치를 구하고 식(9)에서 환경조정된 생산성 변화율을 도출할 수 있다.

한편, 실제 생산성 측정에 필요한 방향거리함수는 선형계획모형에 의존하여 계측할 수 있다. 각 오염의 잠재가격의 추정을 위해서 개별 선형계획 프로그램을 사용한다. 각 년도 $t = 1, \dots, T$ 에 생산단위 $k = 1, \dots, K$ 가 있다고 가정하자. 이 생산단위들은 투입물 x_{nkt} , $n = 1, \dots, N$ 을 사용하여 산출물 y_{mkt} , $m = 1, \dots, M$ 과 오염물 b_{ikt} , $i = 1, \dots, I$ 를 생산한다.

6) Färe, R., Grosskopf. 2004. *New Directions: Efficiency and Productivity*.

환경요소를 고려한 $g(+y, -b)$ 의 방향성을 갖는 방향거리함수의 선형계획식은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} \vec{D}_0(x_{nt}^k, y_{mt}^k, b^k : g_{yt}, -g_{bt}) &= \max \beta_w & (11) \\ \text{s.t.} & \\ \sum_{k=1}^K Z_{it}^k y_{mt}^k &\geq y_{mt}^k + \beta_w g_{yt}, \quad k=1, \dots, K, t=1 \dots T, m=1 \dots M; \\ \sum_{k=1}^K Z_{it}^k b_i^k &= b_i^k - \beta_w g_{bt}, \quad i=1 \dots I; \\ \sum_{k=1}^K Z_{it}^k x_{nt}^k &\leq x_{nt}^k, \quad n=1 \dots N; \\ Z_t^k &\geq 0 \end{aligned}$$

식(11)의 β_w 는 t 기의 산출물 증가와 오염물의 감소방향의 동시적 제약을 만족하는 방향 거리함수의 구체적 값이다. β_w 는 포함된 생산단위에 따라서 그 값이 다르다. 제약조건에 포함된 Z_{tk} 는 일종의 가중치로서 $K \times 1$ 밀도벡터이다. 이는 관측된 투입물과 산출물의 볼록 결합을 통하여 생산가능곡선을 형성한다. $Z_{tk} \geq 0$ 의 밀도벡터 제약은 생산기술이 규모일정불변임을 의미한다.⁷⁾ 첫 번째 제약식에서 좌변에 Z_{tk} 는 산출물 벡터와 결합하여 최대산출량을 형성한다. 우변의 첫 번째 항은 실제산출량이고 두 번째 항은 방향거리함수의 값으로 표시된 잠재적 확대가능 산출량이 된다. 두 번째 제약식은 오염물에 대한 추가 제약조건이다. 두 번째 제약식에서 오염물에 대한 등호는 약처분성을 가리키는 것으로서 실제 환경규제 하에 배출량 이상으로 자유처분될 수 없음을 의미한다.⁸⁾ 즉, 좌변의 최대오염물은 우변의 실제배출량에서 $\beta_w \cdot g_{bt}$ 만큼 차감한 것을 초과할 수 없다는 환경적 제약을 함축하고 있다. 세 번째 제약식에서 좌변은 투입물벡터와 결합하여 최소투입물을 형성하고 우변은

7) 즉, $F(\lambda x) = \lambda F(x), \lambda > 0$ 을 의미한다. 선행연구들은 주로 일정규모를 가정하므로 이에 따른다.

8) Fare(1996), Domazlicky and Weber(2004)등은 오염물의 처분성을 기준으로 강처분과 약처분의 기술로 나누었다. 강처분 기술은 환경규제로 인한 오염물에 대한 비용부담없이 산출물에 대한 비용만을 부담하여 생산할 수 있는 경우를 가리킨다. 이러한 관계는 $\forall x \in R_+^N, (x, y, b) \in F(x), 0 \leq y' \leq y \rightarrow (x, y, b) \in F(x)$ 로 표현할 수 있다. 반면에 약처분 기술은 생산에 오염처리비용을 부담해야 하는 생산기술 상태를 말한다. 다시 말하면, 당국이 오염물에 대한 배출기준을 설정할 경우 생산단위는 이를 준수하는데 비용을 부담하게 될 것이다. 이러한 관계는 $\forall x \in R_+^N, (x, y, b) \in F(x), 0 \leq \alpha \leq 1 \rightarrow (x, \alpha y, \alpha b) \in F(x)$ 로 표현할 수 있다. 그런데 그 비용의 부담정도는 각 생산자의 강처분성과 약처분성 기술의 상태에 따라서 상이하게 내부화된다. 강처분과 약처분 기술에 의한 측정효율의 값이 동일하다면 생산은 환경규제의 영향을 받지 않는 것으로 간주된다. 즉 오염물은 생산물의 축소 없이도 감소될 수 있다. 반대로 두 효율의 측정값이 상이하게 나타난다면 오염물을 줄이려면 생산물을 감소시키지 않으면 안 된다.

실제투입물로서 최소투입물은 실제투입물보다 작거나 같다는 제약조건을 형성한다.

생산변경 곡선상에서 오염의 잠재가격을 측정하려면 임의의 생산점에서 방향거리함수에 기초한 기울기를 계측해야 하고 이를 위해서 또 하나의 선형계획식이 필요하다. 이 선형계획식은 오염물을 일정하게 둔 상태에서 바람직한 산출물이 확장될 수 있는 정도를 측정한다. 주어진 일정한 오염물 수준에서 바람직한 산출물만 확대하는 방향거리함수의 선형계획식은 다음과 같다. 즉,

$$\begin{aligned} \overrightarrow{D}_0(x_{nt}^k, y_{mt}^k, b^k : g_{yt}) &= \max \beta_w & (12) \\ \text{s.t.} & \\ \sum_{k=1}^K Z_i^k y_{mt}^k &\geq y_{mt}^k + \beta_w g_{yt}, \quad k=1, \dots, K, t=1 \dots T, m=1 \dots M; \\ \sum_{k=1}^K Z_i^k b_i^k &= b_i^k, \quad i=1 \dots I; \\ \sum_{k=1}^K Z_i^k x_{nt}^k &\leq x_{nt}^k, \quad n=1 \dots N; \\ Z_t^k &\geq 0 \end{aligned}$$

식(12)는 오염물을 일정하게 둔 상태에서 바람직한 산출물이 확장될 수 있는 정도를 측정하는 선형계획식이다. 식(12)의 두 번째 제약식에서 바람직한 산출물에 대해서만 방향성을 부여할 경우 잠재적으로 확대 가능한 방향거리함수의 최적해를 구하는 식을 보여준다. 식(11)과 식(12)에서 정의된 두 방향거리함수를 통하여 오염의 한계변화에 따른 산출량의 한계변화를 측정함으로써 오염의 잠재가격을 유도할 수 있다.

Ⅲ. 자료 및 실증분석

실증분석에서는 중국의 28개 성을 3개 지역으로 구분하여 전통적 생산성, 환경조정 생산성, 오염의 잠재가격 등을 측정하고 비교할 것이다.⁹⁾ 사용한 통계자료는 중국 국가통계국에서 제공하는 중국통계연감에서 제시하는 각 성별 산출량(GDP), 오염량(SO_X), 그리고 투입량(노동과 자본량)을 이용하였다¹⁰⁾. 중국은 오염물 통계에서 국제적으로 작성되고 있는

9) 자본스톡의 추정에 적합한 시계열을 유지하는 지역이 28개 지역이므로 그 외 성은 제외할 수 밖에 없었다.

10) 중국국가통계국(<http://www.stats.gov.cn>)

NO_x, TSP, PM10 등이 지역별로 작성되고 있지 않으므로 SO_x만을 사용할 수밖에 없었다.¹¹⁾ 산출량의 경우는 GDP디플레이터를 이용하여 실질 GDP를 추정·사용하였고 오염량의 경우 황산화물(SO_x)의 연간 배출량을 사용하였다. 중국통계연감에는 연도별 GDP deflator가 수록되어 있지 않지만 명목GDP와 실질GDP지수를 연도별로 수록하고 있다. 따라서 명목GDP를 실질GDP지수로 나누어줌으로써 실질 GDP를 도출하였다. 자본스톡의 경우에는 중국통계연감에서 제시하는 고정자산의 신규투자를 바탕으로 영구재고법에 의해 추정하였다.¹²⁾ 그런데 중국통계연감은 1982년부터 고정자산의 신규투자를 편제하고 있기 때문에 과거의 신규투자를 수록하고 있지 않다는 문제점이 있다. 만약 1982년 이후 신규투자만으로 자본스톡을 추정하면 1997~2005년간 자본스톡 추정치가 왜곡될 수 있으므로 이전 기간의 신규투자를 확대하여 자본스톡을 추정할 필요가 있다. 따라서 '성(城)통계 1949~1989'에 포함된 지역별 신규투자통계 중 이용가능한 년도인 1965년부터 1982년 통계를 포함하여 영구재고법으로 신규투자를 누적시켜서 1997~2005년간 자본스톡을 도출하였다.¹³⁾ 본 연구에서 초기자본 스톡은 Young(1995)에 따라서 초기 신규투자와 초기 일정 기간 동안의 신규투자의 평균성장률을 사용하여 추정하였다.¹⁴⁾¹⁵⁾ 감가상각률은 Young(1995) 등 선행연구에서 널리 사용한 감가상각율 6%를 적용하였고 28개 성(省)에 대한 물적 자본스톡의 추정을 위한 첫 5년간(1965~1970)의 신규투자의 평균 성장률은 각각의 추정치를 사용하였다.¹⁶⁾ 노동량은 정확한 변수는 지역별 월평균 총 노동시간을 사용해야 하지만 현실적으로 이러한 자료는 공표되고 있지 않으므로 중국통계연감이 수록하고 있는 지

11) 중국의 오염분류는 주로 산업먼지, 산업령댕, 산업폐기가스 배출량 등 국제적으로 통용되는 일반 오염배출량으로 통계가 집계되고 있지 못하다. 그러나 오염물질은 대체로 같은 공정을 거쳐야하므로 오염물질의 다양성에 따라서 오염처리비용의 차이는 크게 나지 않는다. 왜냐하면 최소한 한 오염물질이라도 처리하기 위해서는 오염방지시설이 공동되어야하고 오염처리의 전공정을 거쳐야만 하기 때문이다.

12) 중국통계연감이 수록하고 있는 지역별 사회고정자산투자(investment in fixed assets)를 신규투자로 사용하였다.

13) 영구재고법은 과거의 자본형성을 위한 지출을 누적하여 현재의 자본스톡을 추정하는 기법이다.

14) Young, Alwin. 1995. "The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience". *Quarterly Journal of Economics* 110: 641-680.

15) 초기 자본스톡과 연속된 자본스톡은 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$K(1) = (1) / (\delta + g)$$

단, K(1): 제 1기의 자본스톡,

(1): 제 1기의 신규투자,

δ : 감가상각률,

g : 초기 5년간 신규투자의 연간성장률.

따라서 연속적인 자본스톡의 계산은 다음 식에 따른다.

$$K(t) = (1 - \delta)K(t-1) + (t), \quad t = 2, \dots, T$$

16) 감가상각률의 변화는 자본스톡 크기에 영향을 주지만 모든 성(省)이 동일한 감가상각률을 적용하기 때문에 변화율을 측정하는 실증결과에 미치는 영향은 없다.

역별 월평균 노동자수를 사용하였다. 총요소생산성은 모든 투입물의 가중평균에 대한 총산출물의 비율로 정의되므로 투입물의 가중치는 요소투입의 비중이 된다. 일반적으로 동아시아 국가의 물적 자본스톡의 투입비중은 대체로 0.4가 가장 많으므로 자본스톡 투입비중 0.4, 노동투입비중 0.6으로 적용하였다.¹⁷⁾

전통적 성장회계방법에 기초하여 생산성성장을 측정한 결과는 <표1>와 같다. 이는 오염물을 제외한 전통적 생산성 성장을 보여주는 성장회계분석이다. 1997~2005년간 중국은 10.06%의 높은 경제성장률을 보였다. 이러한 고도성장의 주된 요인은 자본스톡의 성장률이 가장 주된 요인이고 생산성 변화율도 3.56%로 높은 편에 속한다. 하지만 노동량 증가율은 가장 미미하다. 지역별 소득의 성장률은 동부 11.41%, 중부는 8.78%, 서부는 9.75%로써 동부가 가장 높다. 서부의 경제성장률이 중부보다 조금 높은 것은 1999년 이래 서부대개발 정책의 효과로 볼 수 있다.¹⁸⁾

표1 전통적 총요소생산성(1997~2005)

| | 지역 | 산출량 | 자본스톡 | 노동량 | 총요소생산성 |
|----|-----|-------|-------|-------|--------|
| 동부 | 북경 | 15.91 | 11.83 | 4.23 | 8.64 |
| | 천진 | 12.43 | 12.45 | -1.75 | 8.49 |
| | 상해 | 11.17 | 5.35 | 1.33 | 8.24 |
| | 요녕 | 8.46 | 17.55 | -0.52 | 1.75 |
| | 하북 | 10.27 | 12.06 | 0.19 | 5.34 |
| | 산둥 | 11.47 | 20.93 | 1.03 | 2.48 |
| | 강소 | 11.25 | 15.72 | 0.43 | 4.70 |
| | 절강 | 12.03 | 16.83 | 2.16 | 4.00 |
| | 복건 | 8.29 | 10.68 | 1.85 | 2.91 |
| | 광둥 | 12.78 | 12.73 | 2.75 | 6.04 |
| | 흑룡강 | 7.19 | 10.49 | -0.25 | 3.14 |
| | 길림 | 9.99 | 19.39 | -1.47 | 3.12 |
| | 하남 | 10.50 | 14.97 | 1.52 | 3.60 |

17) Madison(1998), Ezaki and Sun(1998), 강상목(2002) 등에서 동아시아와 중국의 경제성장회계접근에서 물적자본 스톡의 투입비중을 0.4, 노동투입비중을 0.6을 가정하고 분석하였다. 강상목(2002)의 경우 중국이 경제성장을 분석에서 자본스톡 분배율을 0.35, 0.40, 0.45로 증가시켰을 때 생산성의 성장률은 감소추이를 보였으나 지역간 상대적인 생산성 추이는 비슷하였다.

18) 서부지역의 산출량은 거의 10%좌우인 높은 성장률을 보이고 있는데 예외로 사천성은 3.59%에 불과하다. 서부개발의 중점지역인 사천성은 1997년~2005년 동안 서부의 다른 지역보다 훨씬 높은 산출량을 이어왔지만 그 증가폭은 미미하였다.

중국의 지역별 전통적 생산성과 환경조정생산성의 비교

| | 지역 | 산출량 | 자본스톡 | 노동량 | 총요소생산성 |
|----|----|-------|-------|-------|--------|
| 중부 | 산서 | 11.67 | 19.48 | -0.06 | 3.91 |
| | 호북 | 6.20 | 10.60 | -0.15 | 2.05 |
| | 호남 | 8.43 | 16.41 | -3.87 | 4.18 |
| | 안휘 | 7.04 | 15.60 | 0.60 | 0.44 |
| | 강서 | 9.22 | 24.19 | 0.18 | -0.56 |
| | 사천 | 3.59 | 11.32 | -3.86 | 1.38 |
| | 섬서 | 11.41 | 19.29 | 0.48 | 3.41 |
| | 녕하 | 11.91 | 20.42 | 1.77 | 2.68 |
| | 감숙 | 9.85 | 15.09 | 1.61 | 2.84 |
| | 청해 | 10.99 | 15.62 | 1.62 | 3.77 |
| 서부 | 귀주 | 9.96 | 18.34 | 1.76 | 1.57 |
| | 광서 | 8.50 | 14.55 | 1.22 | 1.94 |
| | 운남 | 7.69 | 13.87 | 1.14 | 1.46 |
| | 신강 | 9.87 | 12.50 | 1.27 | 4.11 |
| | 티벳 | 13.71 | 20.69 | 1.95 | 4.26 |
| | 동부 | 11.41 | 13.61 | 1.17 | 5.26 |
| 평균 | 중부 | 8.78 | 16.39 | -0.44 | 2.49 |
| | 서부 | 9.75 | 16.17 | 0.90 | 2.74 |
| | 전체 | 10.06 | 15.32 | 0.61 | 3.56 |

자본스톡의 증가율은 중부와 서부가 높고 동부는 동 기간에 다소 낮은 편에 속한다. 노동의 성장률은 상대적으로 발전 속도가 빠른 동부로 노동력 유입이 증가하면서 가장 높고 서부대개발의 영향을 받은 서부가 그 뒤를 따르고 중부는 동부와 서부로 노동력 이전으로 오히려 음(-)의 수치로 나타났다. 결과적으로 생산성 증가율은 경제성장률이 가장 높은 동부가 상대적으로 높고 그 다음은 서부와 중부의 순서이다. 동부는 상대적으로 높은 생산성 증가율이 경제성장률을 지지하는 패턴을 보여주었다. 반면 중부와 서부는 경제성장률의 주된 요인은 물적 자본에 절대적으로 의존하는 형태를 보여주었다.

개별 성별로는 동부지역 내에서 경제성장률이 상대적으로 높은 곳은 북경, 광둥, 천진, 절강 등의 순서로 높다. 자본스톡의 증가율에서는 산업중심지로 떠오르는 산둥을 비롯하여 요녕, 절강, 강소 등이 높은 편이고 노동증가율에서는 노동력이 집중되고 있는 북경이 가장 높고 해외자본유입이 많은 광둥, 절강, 복건 등이 높다. 총요소생산성 증가율은 산출량이 높은 북경이 가장 높고 그 다음으로 천진, 상해 등이 높은 수준을 보인다. 동부지역의 성들의 주된 특징은 경제성장률이 높은 곳 중에는 자본스톡 증가율이 높지 않더라도 생산성 증

가율이 높은 성들이 존재한다는 점이다. 북경, 천진, 상해, 광둥 등이 이러한 특징을 보여준다. 즉, 이들 지역은 대외적 개방이 상대적으로 빠르고 해외자본 유입이 자유로우며 기술수준이 상대적으로 높아서 생산성이 높은 경제성장률을 뒷받침하고 있는 것으로 나타나고 있다. 중부지역 내에서 상대적으로 경제성장률이 높은 성은 산서, 하남, 길림 등의 순서이고 자본스톡 증가율에서는 강서, 산서, 길림, 호남 등이 높다. 노동 증가율에서는 대부분 동부와 서부로 노동력이 유출되어 거의 절반정도가 음(-)의 증가율을 보였다. 생산성 증가율에서는 호남, 산서, 하남 등이 상대적으로 높다. 특히 강서는 경제성장률에 비하여 과도하게 높은 자본스톡 증가율로 인하여 생산성 증가율은 음(-)을 보였다. 서부지역 내에서 경제성장률이 상대적으로 높은 지역은 티벳, 영하, 섬서, 청해 등으로 연간 10%이상 수준이다. 반면 사천, 운남 등은 가장 저조한 경제성장률을 보였다. 자본스톡 증가율에서는 티벳, 영하, 섬서, 귀주 등의 순서로 높고 노동 증가율에서는 티벳, 영하, 귀주 등이 상대적으로 높다. 생산성 증가율에서는 티벳, 신강, 청해, 섬서 등의 순서로 높은 편이다. 중부와 서부지역 성들의 주된 특징은 자본스톡 증가율이 동부보다는 높지만 경제성장률은 동부에 미치지 못한다는 것과 자본스톡 증가율이 높은 지역이 상대적으로 경제성장률도 높게 나타난다. 즉, 자본스톡이 경제성장의 주된 요인이지만 동부와 같은 기술수준이 뒷받침되지 못하여서 생산성이 경제성장률을 충분히 지지해 주지 못하는 형태를 보여주고 있다.

결과적으로 중국의 지역별 성장은 동부의 생산성에 의존한 성장패턴과 중부와 서부의 자본스톡에 의존한 성장형태로 양분되는 특징을 보여줌으로써 동부와 여타 지역간의 기술수준의 차이는 점차 확대되고 있는 것으로 보인다. 이러한 요소가 동부보다 중부와 서부의 높은 자본스톡 증가율에도 불구하고 동부의 경제성장률을 더 높이는 요인이 되고 있는 것으로 나타났다.

한편, 환경조정 생산성을 추정하기 위해 필요한 오염물의 잠재가격은 <표2>와 같다. 지역별 통합된 산출물 가격을 알 수 없으므로 산출물 가격을 1로 두면 오염물 한 단위를 저감하기 위하여 포기해야만 하는 산출량의 교환비율을 도출할 수 있다. 이 1단위 오염처리에 필요한 생산액 단위를 오염물 배출량의 잠재가격으로 간주할 수 있다. 예를 들어, 1998년 북경의 잠재가격은 0.48로써 오염 한 단위를 처리하는데 필요한 부가가치액은 0.48만원/톤이다. 중국 지역에 있어서 대부분의 오염잠재가격은 거의 0이거나 음(-)의 값을 보임으로써 생산량이 높은 수준이지만 오염량도 지나치게 높은 생산형태를 보여주고 있다.¹⁹⁾ 즉, 동부,

19) 강상목·윤성민(2008)에 의하면 한국제조업의 평균 황산화물 배출량의 잠재가격은 1.8304로서 중국제조업의 황산화물 잠재가격 0.0031보다 훨씬 높았다. 이들도 중국 기업의 환경규제가 약하거나 환경규제의 실효성이 없는 것으로 주장하

중부, 서부의 세 지역에 속한 대다수 성들은 생산가능곡선의 우상향하는 곳에 위치하여 생산가능곡선의 기울기가 0이거나 음(-)인 상태에 위치하고 있다. 음(-)의 값은 오염처리에 전혀 비용이 발생하지 않음을 의미한다.²⁰⁾ 이 성들은 산출량에 비하여 과도한 오염배출을 하는 업종으로써 환경규제의 강도가 매우 낮다. 0에 가까운 잠재가격은 환경규제는 법적으로 규정되고 있으나 오염저감활동이나 오염저감을 감시하는 당국의 집행활동이 엄격하게 준수되고 있지 못한 중국의 지역 현실을 반영한 것으로 보인다.

표2 중국의 지역별 오염의 잠재가격

| | | 만 위안/톤 | | | | | | | | |
|----|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 지역 | | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
| 동부 | 북경 | 0.04 | 0.48 | 0.57 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| | 천진 | 0.00 | -0.11 | -0.36 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.20 | -0.05 | -0.17 |
| | 상해 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 요녕 | -0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.10 | -0.10 | -0.11 |
| | 하북 | 0.00 | -0.04 | -0.04 | -0.06 | -0.09 | -0.10 | -0.14 | -0.14 | -0.14 |
| | 산둥 | -0.01 | -0.04 | -0.42 | -0.04 | -0.05 | -0.09 | -0.10 | -0.10 | -0.08 |
| | 강소 | 0.00 | 0.05 | -0.38 | 0.04 | 0.01 | -0.04 | -0.08 | -0.08 | -0.07 |
| | 절강 | 0.00 | 0.04 | 0.04 | 0.03 | 0.01 | -0.03 | 0.00 | 0.01 | 0.20 |
| | 북건 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | -0.02 |
| | 광둥 | 0.00 | 0.03 | 0.19 | 0.03 | 0.01 | -0.03 | -0.07 | -0.08 | 0.00 |
| | 흑룡강 | 0.03 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 길림 | 0.01 | 0.02 | 0.09 | 0.01 | -0.01 | -0.05 | 0.00 | -0.04 | -0.08 |
| 중부 | 하남 | 0.01 | 0.01 | -0.11 | -0.01 | 0.00 | 0.00 | -0.07 | -0.10 | -0.12 |
| | 산서 | 0.03 | -0.01 | 0.00 | -0.02 | -0.01 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | 0.00 |
| | 호북 | -0.01 | 0.02 | 0.08 | -0.03 | -0.03 | -0.06 | -0.09 | -0.11 | -0.06 |
| | 호남 | 0.08 | -0.05 | -0.06 | -0.04 | -0.04 | -0.05 | -0.08 | -0.10 | -0.10 |
| | 안휘 | 0.06 | 0.23 | -0.12 | 0.00 | 0.00 | -0.02 | -0.05 | -0.07 | -0.03 |
| | 강서 | 0.00 | 0.00 | -0.44 | 0.00 | -0.02 | -0.03 | -0.10 | -0.12 | -0.10 |
| | 샤천 | 0.01 | 0.10 | 0.13 | -0.05 | -0.05 | -0.10 | -0.10 | -0.13 | -0.12 |
| | 섬서 | 0.02 | -0.05 | -0.22 | -0.09 | -0.12 | -0.13 | -0.18 | -0.21 | -0.16 |
| 녕하 | 0.00 | -0.68 | -0.93 | -0.98 | -0.81 | -0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | |
| 감숙 | -0.03 | -0.05 | 0.00 | -0.07 | -0.10 | -0.16 | -0.18 | -0.23 | -0.23 | |

고 있다.

20) 음(-)의 값은 생산단위가 생산변경곡선 상에서 우하향하는 곳에 위치하므로 방향거리함수로 생산변경곡선으로 투시할 때 그 생산변경곡선의 영역의 기울기가 음(-)에 해당하는 경우에 발생한다.

| 지역 | | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|----|----|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 서부 | 청해 | 0.03 | 0.16 | 1.11 | 0.36 | 0.19 | 0.36 | -0.08 | -0.12 | -0.13 |
| | 귀주 | 0.05 | 0.00 | -0.01 | -0.83 | -0.29 | -0.36 | -0.30 | -0.59 | -0.86 |
| | 광서 | 0.07 | -0.08 | -0.09 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 운남 | 0.06 | 0.02 | 0.13 | -0.03 | -0.02 | -0.03 | -0.05 | -0.10 | -0.08 |
| | 신강 | 0.00 | 0.05 | -0.06 | 0.04 | 0.01 | -0.04 | -0.09 | -0.13 | -0.12 |
| | 티벳 | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| | 동부 | 0.00 | 0.04 | -0.04 | 0.00 | -0.01 | -0.03 | -0.07 | -0.05 | -0.04 |
| | 중부 | 0.03 | 0.03 | -0.07 | -0.01 | -0.01 | -0.03 | -0.05 | -0.07 | -0.06 |
| 평균 | 서부 | 0.02 | -0.05 | 0.01 | -0.16 | -0.12 | -0.05 | -0.10 | -0.15 | -0.17 |
| | 전체 | 0.02 | 0.00 | -0.03 | -0.06 | -0.05 | -0.03 | -0.07 | -0.09 | -0.09 |

그나마 오염의 잠재가격이 상대적으로 약간 높은 지역은 경제성장이 빠른 북경, 상해, 절강, 복건, 광둥을 들 수 있다(그림1 a구역 참조). 그런데 산출량과 오염량이 타 지역보다 훨씬 낮은 티벳과 청해의 오염의 잠재가격이 양(+)의 수치로 나타난 것은 예외적이다. 이들 지역이 여러 년도에 걸쳐서 양(+)의 잠재가격을 보인 이유는 아직 개발이 되지 못하여 이 성들의 산출량 수준은 낮지만 산출량에 비하여 오염배출량은 더욱 낮기 때문으로 해석된다. 산업구조면에서 보면 2005년 기준으로 동부지역은 전체 산업에서 1차산업은 7.57%, 2차산업의 비중이 50.14%, 3차산업은 42.29%이나 서부지역은 1차산업의 비중이 17.08% 2차산업 42.04%, 3차산업 40.88% 등으로 동부보다 1차산업은 10%포인트 가량 높고 2차산업은 10%포인트 가량 낮은 것도 서부지역의 오염배출량이 적은 이유가 될 수 있다. 즉, 상대적으로 서부지역의 산업구조는 동부에 비하여 방목위주의 농목축업 위주로 구성되어 있으므로 오염배출량이 낮은 것으로 보인다(그림1 c구역 참조). 또한 중국의 에너지사용량 중 석탄과 석유의 비중이나 석탄의 황함유량이 SOx배출량에 영향을 미치고 지역별로 황함유량이 다른 석탄을 사용하는 것이 지역별 상이한 배출량의 원인이 된 것으로 보인다. 실제 2005년 기준 서부의 석탄사용비중은 약 87%로써 동부의 92%보다는 낮아서 상대적으로 SOx배출량이 상대적으로 적은 원인의 하나이다. 특히 청해의 석탄사용비중은 약41%로써 매우 낮아서 낮은 오염배출량을 가져온 것 같다.

반면 그 외 다른 지역은 거의 매년에 걸쳐서 0(zero)혹은 음(-)의 수치로 나타났다. 북경, 상해, 절강, 복건, 광둥 등 상대적으로 경제성장이 빠른 지역은 상대적으로 환경규제가 강화되기 시작하여 약간의 오염배출량이 저감되고 있으나 그 외의 지역에서는 아직도 높은 산출량에 비하여 환경규제가 너무 미약하고 동시에 제조업위주의 산업구조와 석탄사용의 비중이 높은 데 기인하여 엄청난 오염배출량이 배출되고 있다(그림1 b구역 참조). 즉, 이런

지역에서는 환경규제가 약하거나 환경규제가 있어도 거의 규제의 집행이 제대로 이루어지지 못하고 있음을 시사한다. 일반적으로는 추가적 오염저감의 기회비용이 높은 생산단위는 오염처리부담이 상대적으로 높기 때문에 환경규제 강화는 생산활동에 큰 부담이 될 수 있다. 그러나 중국의 지역별 오염잠재가치의 추정결과는 전체적으로 오염의 잠재가치가 환경규제가 없는 것과 같은 상태이다. 이러한 상태가 중국의 심각한 환경오염의 주된 원인이 되고 심각한 환경오염에서 중국이 벗어나지 못하고 있는 것으로 보인다. 따라서 향후 환경규제를 강화해 나갈 필요가 있고 지역의 기업들로 하여금 오염을 저감하면서도 생산성을 향상시킬 수 있는 혁신을 추구하도록 해야 할 것이다.

오염의 잠재가치에 기초하여 도출한 환경조정된 총요소생산성의 결과는 <표3>과 같다.²¹⁾ 산출량과 오염량을 결합한 통합산출량의 성장률은 10.09%로서 전통적 산출량과 비교할 때 미미한 0.03%차이만 나지 않는다. 이 통합산출량 성장률의 주된 기여요소는 15.32%의 성장률을 보인 자본스톡이다. 그 다음으로 3.57%의 생산성 증가율을 들 수 있다. 즉, 중국의 경제성장률의 대부분은 자본스톡 증가율이 설명해 주고 있다. 환경조정된 지역별 성장회계를 기준으로 보면 동부 11.45%의 주된 기여요소는 물적자본이지만 생산성 증가율이 5.27%를 보일 정도로 높다. 반면 중부와 서부의 경제성장률은 절대적으로 물적자본의 기여가 크다. 상대적으로 생산성 증가율의 기여는 동부만큼 높지 못하다. 특히 오염배출량을 포함하더라도 지역별 통합산출량 성장률은 중부 8.78%, 서부 9.75% 등으로 오염을 제외한 지역별 산출성장률과도 거의 차이가 없다. 동부만 약간 증가하고 중부와 서부는 오염배출량을 고려해도 통합산출량의 성장률은 변화가 거의 없다. 이러한 결과의 원인은 산출량에서 차지하는 오염잠재가치의 비중이 매우 낮거나 혹은 오염잠재가치의 성장률과 산출량가치의 성장률이 거의 같은 경우 발생한다. 즉, 중국은 환경규제가 상대적으로 약하여 오염의 잠재가치가 0으로써 오염의 잠재가치가 통합산출량 가치에서 차지하는 비중이 거의 0에 가깝기 때문이다. 이는 오염배출량의 저감이 활발하지 못하여 통합산출량 성장에 거의 기여하지 못하고 있음을 의미한다. 나아가 중국의 오염저감활동이 적극적으로 이루어지지 못하고 있음을 보여준다. 결과적으로 통합산출량 성장률에서 자본스톡과 노동의 성장률을 차감하여 도출한 환경조정된 생산성 증가율도 평균적으로 3.57%로서 전통적 생산성과 거의 비슷하였고 지역별로 동부 5.27%, 중부, 2.49%, 서부 2.74%로서 환경을 제외한 생산성 증가율과 큰 차이가 나지 않는다. 단지 동부만 약간 향상된 정도이다.

21) 강상목(2005)은 산출거리함수를 이용하여 환경생산성 상실률을 중국의 세 지역간에 비교한 바 있으나 오염잠재가치를 포함한 성장회계접근을 사용한 것은 아니다.

표3 환경조정된 총요소생산성 비교(1997~2005)

| | 지역 | 통합 산출량 | 오염량 | 자본스톡 | 노동량 | 환경 생산성 |
|----|-----|-----------|-------|-------|-------|-----------|
| 동부 | 북경 | 15.96 | -8.32 | 11.83 | 4.23 | 8.70 |
| | 천진 | 12.43 | 2.68 | 12.45 | -1.75 | 8.49 |
| | 상해 | 11.17 | -0.59 | 5.35 | 1.33 | 8.24 |
| | 요녕 | 8.46 | 3.57 | 17.55 | -0.52 | 1.75 |
| | 허북 | 10.27 | 0.79 | 12.06 | 0.19 | 5.34 |
| | 산둥 | 11.47 | -0.37 | 20.93 | 1.03 | 2.48 |
| | 강소 | 11.25 | 1.09 | 15.72 | 0.43 | 4.70 |
| | 절강 | 12.07 | 4.51 | 16.83 | 2.16 | 4.01 |
| | 복건 | 8.29 | 16.04 | 10.68 | 1.85 | 2.91 |
| | 광둥 | 12.78 | 10.26 | 12.73 | 2.75 | 6.04 |
| | 흑룡강 | 7.19 | 9.96 | 10.49 | -0.25 | 3.14 |
| | 길림 | 9.99 | 5.51 | 19.39 | -1.47 | 3.12 |
| | 허남 | 10.50 | 9.73 | 14.97 | 1.52 | 3.60 |
| 중부 | 산서 | 11.67 | 1.25 | 19.48 | -0.06 | 3.91 |
| | 호북 | 6.20 | 3.51 | 10.60 | -0.15 | 2.05 |
| | 호남 | 8.43 | 2.88 | 16.41 | -3.87 | 4.18 |
| | 안휘 | 7.04 | 4.48 | 15.60 | 0.60 | 0.44 |
| | 강서 | 9.22 | 12.47 | 24.19 | 0.18 | -0.56 |
| | 사천 | 3.59 | 6.85 | 11.32 | -3.86 | 1.38 |
| | 섬서 | 11.41 | 5.19 | 19.29 | 0.48 | 3.41 |
| | 녕하 | 11.91 | 7.17 | 20.42 | 1.77 | 2.68 |
| 서부 | 감숙 | 9.85 | 6.53 | 15.09 | 1.61 | 2.84 |
| | 청해 | 11.03 | 28.80 | 15.62 | 1.62 | 3.73 |
| | 귀주 | 9.96 | -3.60 | 18.34 | 1.76 | 1.57 |
| | 광서 | 8.50 | 6.12 | 14.55 | 1.22 | 1.94 |
| | 운남 | 7.69 | 4.91 | 13.87 | 1.14 | 1.46 |
| | 신강 | 9.87 | 8.92 | 12.50 | 1.27 | 4.11 |
| | 티벳 | 13.71 | -5.03 | 20.69 | 1.95 | 4.26 |
| | 동부 | 11.45 | 2.97 | 13.61 | 1.17 | 5.27 |
| | 중부 | 8.78 | 6.22 | 16.39 | -0.44 | 2.49 |
| | 서부 | 9.75 | 6.59 | 16.17 | 0.90 | 2.74 |
| | 전체 | 10.09 | 5.19 | 15.32 | 0.61 | 3.57 |

결과적으로 중국의 각 지역은 오염저감활동을 생산활동의 일부로 간주하더라도 환경을 제외한 산출량과 통합산출량이 크게 차이가 없고 따라서 동부, 중부, 서부의 환경조정된 총요소생산성 성장이 전통적 생산성장률과 거의 차이가 없다.²²⁾ 서론에서 밝힌 바와 같이 중국정부가 1996년 이후 중국은 환경법규를 점차적으로 정비하기 시작하였고 오염배출기업을 규제하기 시작하였다. 1996~2005년 사이에 중국은 50여건의 행정법규를 제정하였고 환경법규 위반기업을 1만 6천개를 규제하기도 하였다. 제도적으로는 1984년대에 설립한 환경보호국을 1987년에 국가환경보호국으로 개편하였고 1998년 국가환경보호총국으로 정부(正部)급 기구로 확대하였으며 2008년에 환경보호부로 승격시키는 등 환경법규를 체계화하고 환경규제를 강화해온 것으로 나타나지만 실질적으로 환경규제는 오염배출량을 저감시키지 못함으로써 산출량 증가와 비례하거나 오히려 산출량 증가를 능가하는 오염배출량이 유지되어 오고 있음을 보여주고 있다. 따라서 중국의 경제성장에서 성들의 환경저감 활동은 실질적으로 효과가 없는 것으로 나타났고 오염저감활동을 포함하나 포함하지 않으나 경제성장률과 생산성은 변화를 보여주지 못하였다.

IV. 결 론

본 연구에서는 중국의 28개 성을 대상으로 전통적 생산성 성장과 환경조정 생산성 성장을 비교함으로써 생산성에 미치는 환경요소의 효과와 경제성장의 주된 요소를 실증적으로 계측해 보았다. 추가적으로 환경조정 생산성 변화를 측정하기 위해서 중국 지역별 오염의 잠재가격을 측정하였다. 1997년~2005년 동안 중국은 장기적으로 10.06%인 고도의 경제성장률을 보이고 지역별 경제성장률은 동부 11.41%, 중부 8.78%, 서부 9.75%로서 동부와 서부가중부보다 약간 높았다. 서부가 높은 것은 서부대개발 사업의 영향으로 보인다. 성장회계에 기초할 때 오염물을 제외한 전통적 총요소생산성은 평균적으로 3.56%로써 그다지 높지는 않고 지역별로 동부 5.26%, 중부 2.49%, 서부 2.74% 등으로 산출량의 성장률의 순위와 비슷한 결과로 나타났다. 동부의 생산성 증가율이 가장 높고 서부가 그 다음으로 나타났다.

22) 개별적으로 복경, 질강성과 청해성은 오염량의 성장률이 생산량의 성장률보다 낮았기 때문에 환경조정된 총요소생산성이 전통적 총요소생산성보다 높았다. 그리고 나머지 성들의 환경조정된 총요소생산성은 전통적 총요소생산성과 거의 비슷한 수치로 나타났다.

중국 지역에 있어서 대부분의 오염잠재가격은 거의 0이거나 음(-)의 값을 보임으로써 생산량이 높은 수준이지만 오염량도 지나치게 높은 생산형태를 보여주고 있다. 즉, 동부, 중부, 서부의 세 지역에 속한 대다수 성들은 생산가능곡선의 우상향하는 곳에 위치하여 생산가능곡선의 기울기가 0이거나 음(-)인 상태에 위치하고 있다. 음(-)의 값은 오염처리에 전혀 비용이 발생하지 않음을 의미한다. 이 성들은 산출량에 비하여 과다한 오염배출을 하는 업종으로써 환경규제의 강도가 매우 낮다. 0에 가까운 잠재가격은 환경규제는 법적으로 규정되고 있으나 오염저감활동이나 오염저감을 감시하는 당국의 집행활동이 엄격하게 준수되고 있지 못한 중국의 지역 현실을 반영한 것으로 보인다.

산출량과 오염량을 결합한 통합산출량의 성장률은 평균적으로 10.06%로서 전통적 산출량과 비교할 때 미미한 0.03%차이만 나고 지역별로 동부 11.45%, 중부 8.78%, 서부 9.75% 등으로 오염을 제외한 지역별 산출성장률과 거의 비슷한 편이다. 환경규제가 상대적으로 약하여 오염의 잠재가격이 통합산출량 가치에서 차지하는 비중이 거의 0에 가깝기 때문이다. 이는 오염배출량의 저감이 활발하지 못하여 통합산출량 성장에 거의 기여하지 못하고 있음을 의미하고 나아가 중국의 오염저감활동이 적극적으로 이루어지지 못하고 있음을 보여준다. 결과적으로 통합산출량 성장률에서 자본스톡과 노동의 성장률을 차감하여 도출한 환경조정된 생산성 증가율도 평균적으로 3.57%로서 전통적 생산성과 거의 비슷하였고 지역별로 동부 5.27%, 중부, 2.49%, 서부 2.74%로서 환경을 제외한 생산성 증가율과 큰 차이가 없다.

이상과 같이 중국의 지역별 오염잠재가격의 추정결과는 전체적으로 오염의 잠재가격이 환경규제가 존재하지 않는 것과 거의 같은 상태를 보여주었다. 이러한 상태가 중국의 심각한 환경오염의 주된 원인이 되고 심각한 환경오염에서 중국이 벗어나지 못하고 있는 것으로 보인다. 즉 중국은 대외적으로 발표하는 것과 달리 지역적으로는 실제 경제성장에 모든 노력을 집중하고 있고 오염저감에는 큰 성과를 보여주지 못하고 있다. 이러한 경제성장위주의 지역개발은 심각한 환경오염으로 지금까지의 높은 경제성장률을 제약하는 요인으로 작용할 수 있고 향후 엄청난 환경적 재앙과 대가를 치를 수도 있다. 따라서 향후 환경규제를 실질적으로 강화해 나갈 필요가 있고 지역의 기업들로 하여금 오염을 저감하면서도 생산성을 향상시킬 수 있는 혁신을 추구하도록 해야 할 것이다. 이처럼 오염저감을 통한 환경개선과 경제성장이 공존할 때 삶의 질이 높은 지속가능한 성장이 달성되고 높은 경제성장이 중국의 지역과 지역민의 삶과 복지의 향상으로 나타날 수 있을 것이다.

참고문헌

- 강만옥, 차근호, 윤성. 1999. "환경가치를 고려한 한미간 총요소생산성 비교". 「환경경제연구」 7(2): 183-210.
- 강상목. 2002. "중국의 지역성장분석". 「경제학연구」 50(4): 329-368.
- _____. 2005. "중국 환경규제와 지역별 효과분석". 「국제지역연구」 9(3): 714-734.
- _____, 윤성민. 2008. "한·중제조업의 환경조정 생산성성장과 성장회계분석". 「동북아경제학연구」 20(3): 156-191.
- 김상욱. 2008. "국제경제: 중국의 인적자본과 중국지역경제발전 격차에 관한 연구". 「국제지역연구」 12(1): 193-222.
- 이명현. 2007. "거리함수접근을 이용한 Poter 가설에 대한 연구". 「자원·환경경제연구」 16(1): 171-197.
- 이상엽. 1995. "중국의 지역격차 분석". 「한국행정학보」 29(3): 713-732.
- Bal, J. V. E et al. 1994. "Incorporating Undesirable Outputs into Models of Production : An Application to US Agriculture". *Cahiers D'economie et Sociologie Rurales* 31: 60-74.
- Barnes, A. P. 2002. "Publicly Funded UK Agricultural R&D and Social Total Factor Productivity". *Agricultural Economics* 27: 65-74.
- Chambers, R. G., Chung, Y. and R. Färe. 1998. "Profit, Directional Distance Function, and Nerlovian Efficiency". *Journal of Optimization Theory and Applications* 98(2): 351-364.
- Chung, Y. H., Färe, R. and S. Grosskopf. 1997. "Productivity and Undesirable Output : A Directional Distance Function Approach". *Journal of Environmental Management* 51: 229-240.
- Coggins, J. S and Swinton, J. R. 1996. "The Price of Pollution : A Dual Approach to Valuing SO2 Allowance". *Journal of Environmental Economics and Management* 30: 58-320.
- Domazlicky, B. and W. Weber. 2004. "Does Environmental Protection Lead to Slower Productivity Growth in the Chemical Industry". *Environmental and Resource Economics* 28: 301-324.
- Färe, R et al. 1989. "Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs are Undesirable: A Nonparametric Approach". *Review of Economics and Statistics* 71: 90-98.

- Färe, R *et al.* 1993. "Derivation of Shadow Prices for Undesirable Outputs: A Distance Function Approach". *Review of Economics and Statistics* 75: 374-380.
- Färe, R., Grosskopf. 2004. *New Directions: Efficiency and Productivity*. Kluwer Academic Publishers.
- Farrell, M. J. 1957. "The measurement of Productive Efficiency". *Journal of Royal Statistical Society* 120: 253-281.
- Krugman, P. 1994. "The Myth of Asia's Miracle". *Foreign Affairs* 73: 62-78.
- Maddison, A. 1998. "Chinese Economic Performance in the Long Run". *Development Center of the Organization for Economics Cooperation and Development*. OECD Paris.
- Nanere, M *et al.* 2007. "Environmentally Adjusted Productivity Measurement: An Australian Case Study". *Journal of Environmental Management* 85: 350-362.
- Oskam A. J. 1991. "Productivity Measurement Incorporating Environmental Effects of Agricultural Production". *Development Agricultural Economics* 7: 186-204.
- Pittman, R. W. 1983. "Multilateral Productivity Comparisons with Undesirable Outputs". *Economic Journal* 93: 883-891.
- Repetto, R *et al.* 1996. "Has Environmental Protection Really Reduced Productivity Growth? We Need Unbiased Measures". *World Resource Institute*. Washington, D.C.
- Rezek J. and Perrin, R. K. 2004. "Environmentally Adjusted Agricultural Productivity in the Great Plains". *Journal of Agricultural and Resource Economics* 29(2): 167-184.
- Swinton, J. R. 1998. "At What of Cost do We Reduce Pollution ? Shadow Prices of SO2 Emissions". *The Energy Journal* 19: 63-83.
- Young, Alwin. 1995. "The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience". *Quarterly Journal of Economics* 110: 641-680.

중국국가통계국 <http://www.stats.gov.cn>