

지역 환경생산성 분석: 중국의 성(省)을 대상으로

강상목* · 김문휘**

요약: 본 연구의 목적은 중국의 28개 성(省)을 대상으로 1997~2005년까지의 전통적 생산성과 환경 생산성을 비교해 보고자 함이다. 2000년 이전에 동부, 중부, 서부지역은 모두 오염물을 반영하지 않은 M생산성 성장지수가 오염물을 반영한 ML생산성 성장지수에 비해 평균적으로 높으나 2000년 이후 세 지역의 두 생산성변화지수는 거의 비슷한 수준을 보였다. 전반적으로 중국 성에서 대부분 환경을 제외한 생산성 성장 지수가 오염감소활동을 고려한 생산성 성장지수보다 높았다. 이는 중국의 지역경제가 오염배출량을 줄이면서 동시에 산출량을 증가시키는 생산 활동이 매우 어렵다는 의미를 함축한다. 향후 중국의 세 지역이 지속가능한 성장을 하기 위해서는 오염배출을 철저히 억제하면서 경제성장을 추구하는 방식으로 경제성장 기초의 전환이 필요하고 청정기술 등의 선진화기술의 적극적인 투자와 환경규제 강화 및 집행법규의 실효성을 높여 나가야할 것이다.

주요어: 중국의 성, 오염배출량, 환경생산성

1. 서론

Krugman(1994), Young(1995) 등 많은 경제학자들은 국가경제나 지역경제에 있어서 생산성을 지속가능한 경쟁력의 중요한 지표로 간주하고 있다. 이러한 생산성에 변화를 초래하는 중요한 요소로 환경규제로 인한 오염저감활동은 지역경제의 생산성에 적지 않은 변화를 초래하고 있다.¹⁾ 그러나 전통적 총요소 생산성은 현실적으로 경제주체가 직면한 환경규제에 따른 오염저감활동과 환경친화적 오염관리를 통한 생산효율이 개선되는 측면을 반영하지 못한다. 즉, 전통적 생산성에 의존하면 경제주체들이 환경친화적

생산활동에 소홀하게 되고 경제적 성과에 대한 잘못된 지표를 제공할 수 있다. 본 연구에서는 이러한 전통적 생산성의 한계를 극복하고 진정한 생산성 척도로서 환경생산성을 중국의 지역경제에 적용하고자 한다.

중국의 지역경제를 대상으로 한 이유는 중국의 경제성장의 속도가 매우 빠르게 진행되면서 그에 따라서 지역 경제성장의 주된 요소인 생산성의 지역간 격차가 크고 경제성장에 따른 환경오염이 심각한 것으로 알려져 있으며 그에 따른 환경규제의 강도도 지역적으로 차이가 있는 것으로 보인다. 그러므로 중국 지역경제를 대상으로 지역별 전통적 생산성과 환경생산성의 차이를 분석할 경우 지역격차의 원인으로

* 부산대학교 경제학과 교수 smkang@pusan.ac.kr

** 부산대학교 대학원 박사과정 moonhwee@gmail.com

서 지역의 생산성과 환경생산성의 격차를 파악하기에 유리한 이점을 가지고 있다고 판단된다. 따라서 본 연구의 목적은 중국의 지역경제에서 환경규제에 수반되는 오염저감활동 수준을 생산성에 반영할 때 전통적인 생산성과 환경조정된 생산성과의 격차를 지역적으로 비교하는 것이다. 특히 환경요소를 고려할 경우 보다 바람직한 지역은 어느 지역인지 등에 대한 의문에 해답을 찾고자 한다.

중국은 개혁·개방 이후 수십 년간 10% 내외의 급성장을 거듭해 왔고 그 경제성장의 중요한 기여요소로 총요소생산성이 언급되고 있다. 하지만 빠른 경제성장위주의 개혁은 지리적으로 해안에 위치한 동부 지역을 중심으로 물적, 인적 자원이 집중됨으로써 지역성장과 지역 생산성의 격차를 초래하였고 다른 한편으로 환경상태를 거의 고려하지 않아 자원과 에너지의 과다남용, 수질오염, 대기오염, 산성비 등과 같은 심각한 환경파괴를 야기한 것으로 보인다. 이에 따라 중국의 환경규제는 1970년대부터 법이 제정되기는 하였으나 1990년대 후반부터 본격적으로 시작되고 2000년대 들어오면서 강화되어 온 것으로 보인다. 이러한 최근의 환경규제 강화는 중국의 지역별 생산성에도 상이한 영향을 줄 수 있을 것으로 보이지만 실제 상황은 알 수가 없다. 따라서 본 연구에서는 1997년부터 2005년까지 중국의 각 성별로 환경을 제외한 생산성과 환경을 고려한 생산성 성장을 비교분석하고자 한다. 이를 위하여 본 연구는 생산성을 측정하는 방법 중 비모수적 접근에 따라서 Malmquist (M) Productivity 지수와 이에 환경조정된 생산성 지수인 Malmquist-Luenberg (ML) Productivity 지수를 실증적으로 계측할 것이다. 여기서 환경조정 생산성 지수란 오염물을 감소시키는 것을 산업의 긍정적인 역할로 간주하여 이를 생산성에 반영한 생산성 지수를 말한다.

Farrell이 1957년에 비모수적 접근방법에 의한 생산효율 측정을 제시한 이래로 Shephard(1970), Afriat(1972) 등에 의해 이 방법은 발전되어 왔다. Cave, Christensen and Diewert(1982)는 Malmquist(1953)

가 제시했던 거리함수(distance function)를 사용하여 Malmquist 생산성 지수를 소개한 바 있다. 이를 발전시켜서 Fare, Grosskopf, Norris and Zhang(1994)은 Malmquist 생산성 지수를 내부적으로 기술효율의 변화(technical efficiency change)와 기술진보의 변화(technical change)로 분해하여 OECD국가의 생산성을 비교분석한 바 있다.

한편, 환경조정 생산성 변화에 관한 기존의 연구들은 산출거리함수나 방향거리함수 등을 이용하여 Malmquist 지수를 사용한 환경생산성 변화를 측정하였다. 이러한 연구로는 Chung et al.(1997), Hailu and Veeman (2001), Shaik and Perrin (2001), Färe et al.(2001), Weber and Domazlichy (2001), Domazlichy and Weber (2004), 강상목 외(2005), 강상목(2005), 이명현(2007) 등이 속한다. 이들 연구는 Färe et al.(1993)과 같이 환경변수들이 명시적으로 기술집합의 요소로 포함된다는 주장에서 출발한다. Chung et al.(1997), Färe et al.(2001), Domazlichy and Weber (2004) 등은 방향거리함수에 기초하여 환경생산성을 유도하였고 Shaik and Perrin (2001)은 환경요소를 포함한 Tornqvist-Theil 생산성 지수를 시도하였으며 Hailu and Veeman (2001)은 투입물 거리함수에 기초한 환경생산성을 시도하였다는 특징을 갖는다. 특히 Chung et al.(1997)은 생산성의 방사선 척도와 방향거리함수 척도를 비교함으로써 상이한 환경규제 정도에 따른 환경생산성의 차이를 보여주 고자 하였고 강상목(2005)은 환경규제의 척도로서 환경효율에 기초한 중국의 지역별 생산성 상실수준을 측정한다. 또한 이명현(2007)은 두 거리함수 척도를 환경규제 강화의 수준차이로 간주하여 Porter가 설을 입증하려 시도하였다.

본 연구는 Färe et al.(2001), Domazlichy and Weber (2004)과 같은 환경생산성 측정을 시도한다. 하지만 이러한 선행연구들은 환경을 고려하지 않은 생산성만을 측정하거나 혹은 환경을 고려한 생산성만을 측정함으로써 두 생산성의 차이를 비교하지 않았고 Chung et al.(1997)과 같이 환경을 포함하더라

도 방사선 거리함수나 방향거리함수를 상호 비교하는 분석을 시도하였으나 환경을 제외한 생산성이 환경요소가 고려될 경우 진정한 생산성과의 차이를 비교하는 연구는 시도하지 않았다. 특히 이러한 비교연구를 지역단위 경제에 적용한 연구는 많지 않다. 특히 중국의 지역을 대상으로 환경생산성을 비교한 연구는 우리가 아는 한 아직 존재하지 않는다. 본 연구는 비모수적 접근법을 사용하여 중국의 28개 성(省)을 대상으로 기존의 생산성 성장 측정방법을 발전시켜 오염물을 포함한 경우와 그렇지 않은 경우의 생산성 성장지수(M, ML)를 분석한다는 것이 선행연구와 구별된다. 본 연구에서는 최초로 중국의 28개성에 대한 일반적 생산성과 환경을 포함한 생산성을 방향거리함수에 기초한 환경조정 생산성 지수모형에 기초하여 유도하고자 한다. 또한 이 환경생산성 지수를 내부적으로 효율변화와 기술변화로 구분함으로써 지역 환경생산성 변화의 주된 요인을 파악할 것이다. 이러한 내부요인의 분해는 어느 지역이 기술변화의 선도지역인지를 확인시켜줄 수 있다.

이하 제2장에서는 환경을 제외한 전통적 생산성 변화, 환경을 포함한 생산성 변화와 그 내부변화요인에 대한 이론 모형을 각각 기술하며 제3장에서는 실증결과를 분석하고 제4장에서는 정책적 시사점을 제시하고 결론을 맺는다.

2. 이론 모형

일반적으로 생산성은 경쟁력과 직결되며 투입물에 대한 산출물의 비율을 나타낸다.²⁾ 최근 환경에 대한 관심이 점차 증대됨에 따라 환경요소를 고려한 기술 효율이나 생산성성장이 좀 더 현실적인 측정방법으로 인식되고 있다. 본 연구는 오염물을 포함한 생산성 지수를 측정하되 이 지수가 어떤 의미를 갖는지 비교의 대상이 필요하므로 오염물을 포함하지 않은 일반적 생산성 성장지수와 비교를 통하여 중국의 환

경규제의 수준 내지 환경 친화적인 생산의 정도를 파악하고자 한다. 따라서 이론모형은 환경을 포함한 생산성 지수를 중심으로 설명할 것이다. 기존의 생산성 성장지수는 환경을 포함한 생산성 지수에서 오염물의 항목을 제외하면 도출이 가능하다. 환경을 포함한 생산성 지수의 도출을 위하여 방향거리함수를 사용하고자 한다. 방향거리함수를 이용하여 오염물은 감소하고 산출물은 증가하는 방향, 즉 지속가능한 성장에 부합하는 방향성에 기초한 환경조정 생산성 지수를 도출하고자 한다.

우선, 이론적 모형의 기초 개념을 설명하기 위해서 생산함수 P 를 다음과 같다고 가정하자.³⁾

$$P = \{(x, y, b): x \text{ can produce } y \text{ and } b\} \quad (1)$$

생산은 관측치 $k=1, \dots, K$ 에서 $t=1, \dots, T$ 기간에 발생하며 바람직한 산출물은 $y \in \mathbb{R}_+^M$, 오염물(바람직하지 않은 산출물)은 $b \in \mathbb{R}_+^I$, 투입물 $x \in \mathbb{R}_+^N$ 로 정의한다. 생산가능집합 $P(x)$ 는 투입물과 산출물 벡터의 집합이며 투입물 x 로 부터 생산될 수 있는 산출물과 오염물의 집합, (y, b) 를 생산한다.⁴⁾ 여기서 생산자가 규제나 제약 없이 자유롭게 생산할 수 있는 경우에는 강제분성을 가지는 것으로 간주하는 반면 일정한 환경제약을 만족시켜야 할 경우에는 약치분성을 가지는 것으로 간주한다.

$$(y, b) \in P(x) \text{ 이고 } 0 \leq \beta \leq 1 \text{ 이면 } (\beta y, \beta b) \in P(x) \quad (2)$$

식(2)는 오염물의 약치분성을 표현하는 것이다. 이는 생산자가 오염물의 배출량 감소와 바람직한 산출물의 생산을 함께 감소해야 함을 표현하고 있다. 반면, 생산자가 오염물 감소의 부담없이 산출물의 생산을 자유로이 할 수 있다면 이는 강제분성을 나타내는 것이며 식(3)과 같이 나타낼 수 있다.

$$(y, b) \in P(x) \text{ 이고 } y' \leq y \text{ 이면 } (y', b) \in P(x) \quad (3)$$

생산효율을 측정하기 위해서는 산출거리함수를 사용할 수 있다. 산출거리함수는 투입된 자원으로 실제 산출된 생산물의 최대 생산가능한 산출물의 상대적 비로 나타낼 수 있으며 오염물을 고려한 산출거리함수의 정의는 다음과 같이 나타낼 수 있다.⁵⁾

$$D_C(x, y, b) = \min\{\beta : ((y, b)/\beta) \in P(X)\} \quad (4)$$

식(4)는 산출물과 오염물이 함께 변화하는 경우를 고려하고 있다. β 는 산출거리함수의 구체적인 수준을 나타낸다. 그러나 산출물거리함수는 오염물이 축소되는 경우는 반영하지 못하고 오염물과 산출물이 동시에 변화하는 경우만을 고려하고 있다. 따라서 본 연구에서는 아래와 같이 기존의 거리함수에 방향거리함수를 도입한다.⁶⁾

$$\vec{D}_C(x, y, b; g) = \max\{\beta : ((y, b)/\beta)g \in P(x)\} \quad (5)$$

식(5)에서 β 는 방향거리함수의 구체적 값으로서 $0 < \beta$ 이면 비효율적이고 프론티어 내부에 위치한다. 이는 실제 산출물 수준에서 최대산출물에 도달하기 위하여 프론티어상의 점을 기준으로 확대가능한 산출물의 수준을 측정한다. 산출물 증가의 방향성을 갖는 벡터 g 는 생산단위의 투입물과 산출물의 실제 생산결합점에서 프론티어까지의 거리인 βg 로 측정된다. $\beta=0$ 이면 효율적이고 관측치는 프론티어 상에 위치한다.

오염물을 제외한 생산성 성장지수는 실제 생산성 성장을 왜곡시킬 가능성이 있기 때문에 본 연구에서는 오염물을 제외한 생산성성장지수(M)와 오염물을 고려한 생산성성장지수(ML)를 비교, 측정하고자 한다. 방향거리함수에 의한 생산성성장 지수 ML은 산출물 증가와 함께 오염물을 감소시키는 활동에 대해 효율 개선으로 간주한다. 따라서 비록 산출량이 증가하지 않고 오염물이 감소하는 방향으로 이동하더라도 이를 생산성의 감소로 간주하지 않는다. 따라서 ML은 현실을 보다 잘 반영하는 생산성 성장 지표가 될 수 있다.

먼저 오염물을 제외한 산출거리함수를 이용한 Malmquist (M) 생산성 지수는 다음과 같이 정의된다.

$$M_t^{t+1} = \left[\frac{D_C^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_C^t(x^t, y^t)} \frac{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_C^{t+1}(x^t, y^t)} \right]^{1/2} \quad (6)$$

(6)식에서 M_t^{t+1} 은 두 기간 t 와 $t+1$ 기 사이의 생산성 성장 지수를 나타내는 것이고 $D_C^t(x^t, y^t)$ 와 $D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})$ 는 규모불변 하에서 두 기간 t 와 $t+1$ 기 사이의 산출거리함수를 나타낸다. 생산성 변화는 t 기를 중심으로 측정하거나 $t+1$ 기를 중심으로 측정가능하며 기준 연도에 따라 생산성이 달라지는 결점을 보완하기 위해서 식(6)은 두 거리함수의 기하평균으로 생산성을 측정하고 있다. 즉, 생산성 성장지수 M_t^{t+1} 는 연속된 두 기간에 대한 상이한 4개의 산출거리함수를 이용하여 생산성변화를 정의하고 있다. 만약 생산성 지수가 1보다 크다면 생산성 향상을 의미하고 1보다 작다면 악화를 의미한다.

이 생산성성장지수는 생산성의 변화가 기존 기술의 활용과 신기술의 개발의 성장변화로 인한 것인지 확인할 수 있다는 이점이 있다. 식(6)은 다시 내부적으로 효율변화 (EC: efficiency change)와 기술변화 (TC: technical change)로 구분된다. 효율변화는 두 기간의 효율의 변화 다시 말해서 이미 앞선 생산단위를 따라잡는 것을 의미하며 기술변화는 새로운 기술의 개발과 혁신을 의미한다. 즉,

$$M_t^{t+1} = \frac{D^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_C^t(x^t, y^t)} \left[\frac{D_C^t(x^t, y^t)}{D_C^{t+1}(x^t, y^t)} \frac{D_C^t(x^{t+1}, y^{t+1})}{D_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1})} \right]^{1/2} \quad (7)$$

(7)식은 생산성 지수를 기술효율의 변화와 기술진보의 변화로 분해하고 있다. 즉, 생산성지수=기술효율의 변화×기술진보의 변화를 의미한다. 첫 항은 두 기간 각각의 기술수준하에 측정된 거리함수의 비율

로서 기술효율의 변화를 의미한다. 즉, 생산이 상이한 시점 간에 생산가능곡선상의 점으로부터 더 근접했는지 혹은 멀어졌는지, 상대적 효율의 변화를 측정하고 있다. 두번째 항은 x' 와 x^{t+1} 의 수준에서 측정된 생산가능량 변화의 기하평균을 표시하고 있으므로 두 기간사이의 기술혁신 내지 기술발전의 변화를 의미한다. $x'=x^{t+1}$ 이고 $y'=y^{t+1}$ 이면 두 기간에 투입물과 산출물의 변화가 없고 생산성장 지수의 값은 1이 되고 생산성의 변화가 없음을 시사한다.

한편, 방향거리함수에 기초한 생산성 성장지수는 다음과 같다.⁷⁾ 즉,

$$\vec{ML}_t^{t+1} = \left[\frac{\{1 + \vec{D}_C^t(x^t, y^t, b^t; g^t)\}}{\{1 + \vec{D}_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})\}} \cdot \frac{\{1 + \vec{D}_C^{t+1}(x^t, y^t, b^t; g^t)\}}{\{1 + \vec{D}_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}, b^{t+1}; g^{t+1})\}} \right]^{1/2} \quad (8)$$

식(8)의 방향거리함수는 $g(y, -b)$ 의 경우를 포함하여 생산성 성장을 측정하게 된다.⁸⁾ 환경을 제외한 생산성변화지수와 환경을 포함한 생산성변화 지수를 비교할 경우 오염물에 따른 생산성의 차이를 확인할 수 있다. \vec{ML}_t^{t+1} 생산성장 지수도 1보다 크면 생산성 향상, 1보다 작으면 생산성 악화를 의미한다. 식(7)의 생산성변화지수는 배출량 감소활동을 고려하지 않고 있기에 진정한 생산성을 과소평가하게 되고 실제 산업의 생산성에 대한 불완전한 수치를 제공한다.⁹⁾ 그럼에도 불구하고 현실적으로 이 생산성변화지수가 경쟁력을 측정하는 기준으로 일반적으로 활용되므로 여기서 제시한다. 반면 오염감소활동을 포함한 생산성변화지수는 생산활동에서 현실적으로 생산물과 함께 오염물이 처리되고 있으므로 보다 완전한 생산성 척도에 관한 정보를 제공하게 된다. 후자는 오염물을 제외한 전자에 비하여 오염물을 감소시키면서 생산성변화를 개선할 수 있는 정도, 즉, 생산성 향상의 잠재적 수준을 보여줄 수 있다. 환경을 포함한 생산성변화지수가 제외한 생산성변화지수보다 클 경우 그 생산단위가 환경을 고려했을 때 보다 생산성을 향상

시킬 수 있음을 시사하고 경제와 환경이 조화된 지속 가능한 성장에 부합한다고 볼 수 있다.

식(8)의 생산성장지수를 내부적으로 효율변화와 기술변화로 구분하면 다음과 같이 표현된다.

$$\vec{ML}_t^{t+1} = \left[\frac{(1 + \vec{D}_C^t(x^t, y^t; g^t))}{(1 + \vec{D}_C^{t+1}(x^{t+1}, y^{t+1}; g^{t+1}))} \right] \cdot \left[\frac{(1 + \vec{D}_C^{t+1}(x^t, y^t; g^t))}{(1 + \vec{D}_C^t(x^t, y^t; g^t))} \right]^{1/2} \quad (9)$$

식(9)의 항목은 순서대로 각각 효율변화, 기술변화를 가리킨다. 이러한 분해를 통하여 생산성 변화에 주도적으로 영향을 미치는 요소를 확인할 수 있다. 가령, 기술변화와 효율변화가 1보다 큰 수치를 보인다면 생산성 성장은 두 요인의 성장으로 인한 것임을 알 수 있다. 반면 이들 중 1보다 작은 수치를 보인 요인이 있다면 이는 생산성 악화를 초래한 원인이 될 것이다.

생산성 측정에 필요한 거리함수는 선형계획모형을 이용하여 측정할 수 있다. $t=1, \dots, T$ 년도에 $k=1, \dots, K$ 의 관측치가 있다고 가정하자. 관측치들은 투입물 x_n^{kt} , $n=1, \dots, N$ 을 사용하여 산출물 y_m^{kt} , $m=1, \dots, M$ 과 오염물 b_i^{kt} , $i=1, \dots, I$ 를 생산한다. 이 때 t 기 기준 기술은 다음과 같은 집합으로 정의된다. 여기서 Z^{kt} 는 일종의 가중치로서 $K \times 1$ 밀도벡터이다. 비음의 밀도 벡터제약은 생산기술이 규모일정불변임을 의미한다.

$$P(x) = (x_n^{kt}, y_m^{kt}, b_i^{kt}) : \sum_{k=1}^K Z^{kt} y_m^{kt} \geq y_m^{kt}, \quad k=1, \dots, K, t=1, \dots, T \quad (10)$$

$$\sum_{k=1}^K Z^{kt} b_i^{kt} = b_i^{kt}, \quad i=1, \dots, I$$

$$\sum_{k=1}^K Z^{kt} x_n^{kt} \leq x_n^{kt}, \quad n=1, \dots, N$$

$$Z^{kt} \geq 0$$

식(10)의 좌변은 최대산출가능량 혹은 최소투입량을 의미하고 우변은 실제 산출량과 실제투입량을 의미한다. 식(10)의 생산집합은 산출물과 오염물에 대하여 각각 강처분성과 약처분성을 만족한다.¹⁰⁾ 실제 t기와 t+1기 사이의 생산성 성장지수를 측정하기 위해서는 거리함수를 측정하는 것이 필요하다. t기의 각 관측치에 대해 산출거리함수의 선형계획프로그램은 식(11)과 같이 측정할 수 있다. 여기서 λ 는 Farrell (1957)의 효율로서 산출거리함수와 역의 관계에 있다. 투입물이 주어지는 산출물접근 하에서 λ 는 산출물과 오염배출량을 조정하는 역할을 한다.

$$\begin{aligned}
 & \{D^t(x_n^{kt}, y_m^{kt})\}^{-1} = \max \lambda \\
 & \text{s.t. } \sum_{k=1}^K Z^{kt} y_m^{kt} \geq \lambda^k y_m^{kt}, k=1, \dots, K, \\
 & t=1, \dots, T, m=1, \dots, M \\
 & \sum_{k=1}^K Z^{kt} x_n^{kt} \leq x_n^{kt}, n=1, \dots, N \\
 & Z^{kt} \geq 0
 \end{aligned} \tag{11}$$

식(11)의 좌변은 투입물과 산출물의 각 개별 관측치 벡터와 각 관측치의 가중치인 밀도벡터가 결합하여 최대산출량과 최소투입량을 형성하게 된다. 우변은 산출물과 투입물의 각각의 실제 관측치를 말한다. 따라서 좌변과 우변이 일치할 때는 실제 산출물과 투입물이 여분의 slack이 없이 최대산출물과 최소투입물과 동일하게 된다. λ^k , $\lambda^{k(t+1)}$ 는 t와 t+1기의 k번째 관측치의 산출물의 비례적 증가를 나타내는 기술효율의 값을 말한다. $\lambda^k=1$ 이면 t기 k번째 관측치는 기술적으로 효율적이고 생산가능곡선상에 위치한다. 비효율적인 관측치는 $\lambda^k > 1$ 이 된다.¹¹⁾ 이처럼 산출거리함수를 구하는 식에 두 기간의 해당되는 투입물과 산출물을 각각 대입함으로써 유사한 4개의 선형프로그램이 실행되어야 M 생산성성장지수를 계측할 수 있다.

그러나 산출거리함수에 의한 기술효율 측정은 오염물이 감소하는 방향으로 이동을 반영하지 않고 있다. 이를 반영하기 위해서는 산출물과 오염물에 방향

성을 부여해야 한다. 이를 고려한 방향거리함수에 대한 선형프로그램은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 & \vec{D}_C^t(x_n^{kt}, y_m^{kt}, b_i^{kt}; y_m^{kt}, -b_i^{kt}) = \max \beta \\
 & \text{s.t. } \sum_{k=1}^K Z^{kt} y_m^{kt} \geq (1+\beta) y_m^{kt}, k=1, \dots, K, \\
 & t=1, \dots, T, m=1, \dots, M \\
 & \sum_{k=1}^K Z^{kt} b_i^{kt} \geq (1+\beta) b_i^{kt}, i=1, \dots, I \\
 & \sum_{k=1}^K Z^{kt} x_n^{kt} \leq x_n^{kt}, n=1, \dots, N \\
 & Z^{kt} \geq 0
 \end{aligned} \tag{12}$$

여기서 β 는 방향거리함수에 관한 구체적인 값을 나타내며 β 는 방향거리함수의 기술효율을 측정한다. 상기의 식은 산출물과 오염물이 $g(y(1+\beta), b(1-\beta))$ 의 방향성을 가질 때 최적해를 구함을 나타낸다.

ML 생산성은 오염물을 줄이면서 산출량을 증가시키는 방향을 기준으로 생산성 향상을 측정하는 것으로 오염물을 적극적으로 줄이면서 산출량을 증가시키는 관측치에 높은 생산성 증가를 인정하는 척도이다. 만약 지역별 ML생산성의 성장률이 M생산성 증가율에 비하여 높지 않다는 것은 오히려 오염을 고려하고 오염을 줄이는 활동을 생산성 측정에 포함할 경우 오염물을 줄이면서 동시에 산출량을 증가시키는 생산활동이 보다 어렵다는 의미를 함축한다. 가령, 생산기술구조상 오염배출량이 많고 어느 일정한계이상 줄일 수 없는 산업, 가령, 일정 지역이 오염산업 등을 상대적으로 많이 보유한 경우 이 지역의 ML 생산성을 측정하면 M생산성 보다 높지 않은 것이 일반적이다.

3. 자료 및 실증결과

본 연구는 1997년~2005년 기간 동안의 중국의 각 성별 생산량, 오염량, 투입량의 자료를 이용하여 환

경생산성 분석을 시도하였다. 통계자료는 중국 국가 통계국에서 제공하는 중국통계연감에서 제시하는 각 성별 산출량(GDP), 오염량(SO_x), 그리고 투입량(노동과 자본량)을 이용하였다¹²⁾. 산출량의 경우는 GDP 디플레이터를 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. GDP의 기준년도로는 중국이 개방화되기 시작한 1978년 기준의 GDP deflator (1978=100)로 환산하였다. 2004년 기준으로 GDP추계를 위하여 경제조사를 실시하여 조사품목이나 대상을 확대·조정하였다. 그런데 중국통계연감에 의하면 이 기준에 맞추어서 1995년까지 같은 기준으로 적용하여 GDP를 편제해 놓았다고 언급되므로 GDP의 시계열적 일관성은 문제가 없는 것으로 보인다. 확대된 기준에 의한 GDP와 기존의 GDP 수치상의 큰 차이는 없고 차이가 있더라도 연도별 추이는 그대로 유지되고 있기 때문에 성장률에는 더욱 영향을 미치지 않는다.

한편, 자본스톡의 경우에는 중국통계연감에서 제시하는 고정자산의 신규투자를 바탕으로 영구재고법에 의해 추정하였다.¹³⁾ 그런데 중국통계연감은 1982년부터 고정자산의 신규투자를 편제하고 있기 때문에 과거의 신규투자를 수록하고 있지 않다. 만약 1982년부터 신규투자를 가지고 자본스톡을 추정한다면 1997-2005년간 자본스톡 추정치가 왜곡될 것이므로 이전 기간의 신규투자를 확대하여 자본스톡을 추정하였다. 즉, ‘성(城)통계 1949-1989’에 포함된 지역별 신규투자통계 중 이용 가능한 년도인 1965년부터 1982년 통계를 포함하여 영구재고법으로 신규투자를 누적시켜서 1997-2005년간 자본스톡을 도출하였다. 영구재고법은 과거의 자본형성을 위한 지출을 누적하여 현재의 자본스톡을 추정하는 기법이다. 본 연구에서 초기자본 스톡은 Young(1995)에 따라서 초기 신규투자과 초기 일정기간 동안의 신규투

자의 평균성장률을 사용하여 추정하였다.¹⁴⁾ 감가상각률은 Young(1995) 등 선행연구에서 널리 사용한 감가상각률 6%를 사용하였고 28개 성(省)에 대한 물적 자본스톡의 추정을 위한 첫 5년간 (1965-1970)의 신규투자의 평균 성장률은 각각의 추정치를 사용하였다.¹⁵⁾ 노동량은 정확한 변수는 지역별 월평균 총노동시간을 사용해야 하지만 현실적으로 이러한 자료는 공표되고 있지 않으므로 중국통계연감이 수록하고 있는 지역별 월평균 노동자수를 사용하였다.

실증 통계자료를 가지고 얻을 수 있는 정보는 산출량은 증가하고 오염량은 감소할수록 생산성 증가율은 높아진다는 점이다. 본 연구에서 제시하는 환경생산성 지수는 환경규제가 강화되고 지역 기업들이 그 규제를 준수하여 오염량을 줄이면 생산성 향상에 유리하도록 측정된다. 생산성 지수의 측정은 당연히 두 가지 산출량인 바람직한 산출량과 바람직하지 못한 산출량인 오염량을 조정하는 것이므로 산출지향적인 방향거리함수를 사용하여 두 생산성을 측정한다. 제시할 실증결과는 2000년을 전·후하여 제시한다. 그 이유는 환경제의 생산성과 환경을 포함한 생산성을 비교하는데 중요한 변수는 오염배출량인데 오염배출량이 2000년을 기준으로 급격하게 감소하는 추이를 보이기 때문에 이 기간을 기준으로 특히 환경포함 생산성 변화지수가 지역적으로 변화를 보일 것으로 기대하기 때문이다. <표 1>은 1997년부터 2000년까지 중국의 28개 성(省)을 대상으로 오염물을 제외한 Malmquist(M) 생산성 성장지수를 제시하고 있다.¹⁶⁾ 중국의 31개 성에서 해남성, 중경시, 내몽고 등이 제외된 것은 이 세 지역의 자본스톡 추정이 다른 28개 지역과 동일하게 1960년대 중반부터 가능하지 않았기 때문에 객관적인 비교가 가능하지 않기 때문이다.

<표 1>에서 1997-2000년 사이의 중국 전체의 M 생산성 성장지수는 평균 1.013을 보였다. 즉, 동 기간 연간 1.3%씩 증가하였다. 이를 지역별로 보면, 동부의 대부분의 성에서 연간 성장률이 조금씩 증가함으로써 동부지역은 연평균 4.9% 성장률을 보였다. 중부 지역은 대체로 생산성이 감소되어 연평균 -1.4%였으

표 1. M 생산성 성장변화 (1997-2000)

	지역	M (97-98)	TC	EC	M (98-99)	TC	EC	M (99-00)	TC	EC	M (97-00)	TC	EC	
	전국	0.983	1.009	0.977	1.038	1.124	0.921	1.018	0.925	1.108	1.013	1.019	1.002	
동부	상해	1,210	1,210	1,000	1,120	1,120	1,000	1,120	1,120	1,000	1,150	1,150	1,000	
	북경	1,050	1,120	0.940	1,060	1,130	0.940	1,060	1,100	0.960	1,057	1,117	0.947	
	천진	1,080	1,110	0.970	1,090	1,110	0.980	1,090	1,080	1,010	1,087	1,100	0.987	
	절강	1,040	1,130	0.920	1,040	1,070	0.970	1,000	1,050	0.960	1,027	1,083	0.950	
	광둥	1,030	1,120	0.920	1,020	1,080	0.950	1,080	1,050	1,030	1,043	1,083	0.967	
	복건	1,010	1,110	0.910	1,070	1,070	1,000	1,070	1,030	1,050	1,050	1,070	0.987	
	강소	1,040	1,120	0.930	1,080	1,070	1,010	1,080	1,040	1,040	1,067	1,077	0.993	
	요녕	1,090	1,080	1,000	1,050	1,050	1,000	1,020	1,020	1,000	1,053	1,050	1,000	
	산둥	1,000	0.970	1,030	0.960	1,060	0.910	1,000	0.990	1,010	0.987	1,007	0.983	
	하북	1,010	1,010	1,010	0.990	1,050	0.940	1,080	1,000	1,090	1,027	1,020	1,013	
	광서	0.930	0.960	0.970	1,010	1,150	0.880	1,030	0.770	1,350	0.990	0.960	1,067	
	평균	1.045	1.085	0.964	1.045	1.087	0.962	1.057	1.023	1.045	1.049	1.065	0.990	
중부	흑룡강	0.950	0.990	0.960	1.050	1.060	0.990	1.030	0.980	1.050	1.010	1.010	1.000	
	호북	1.000	0.990	1.020	0.990	1.060	0.940	1.040	0.990	1.050	1.010	1.013	1.003	
	길림	0.960	0.970	0.990	0.970	1.070	0.900	0.930	0.980	0.950	0.953	1.007	0.947	
	호남	0.900	0.890	1.010	0.980	1.290	0.760	1.090	0.750	1.450	0.990	0.977	1.073	
	하남	1.020	0.970	1.060	1.090	1.140	0.950	0.990	0.780	1.280	1.033	0.963	1.097	
	산서	0.950	0.970	0.980	0.910	1.100	0.830	0.970	0.900	1.080	0.943	0.990	0.963	
	안휘	1.010	0.970	1.040	1.060	1.160	0.910	0.930	0.760	1.230	1.000	0.963	1.060	
	강서	0.930	0.930	1.000	0.990	1.160	0.850	0.920	0.790	1.170	0.947	0.960	1.007	
		평균	0.965	0.960	1.008	1.005	1.130	0.891	0.988	0.866	1.158	0.986	0.985	1.019
	서부	신강	1.010	1.120	0.90	1.050	1.080	0.970	1.060	1.050	1.010	1.040	1.083	0.960
청해		0.960	1.000	0.960	0.530	1.080	0.490	1.860	1.040	1.780	1.117	1.040	1.077	
영하		0.910	0.970	0.940	0.920	1.060	0.860	0.920	0.990	0.930	0.917	1.007	0.910	
운남		0.940	0.970	0.970	1.030	1.110	0.930	1.020	0.840	1.210	0.997	0.973	1.037	
사천		0.930	0.970	0.960	1.020	1.120	0.910	0.920	0.850	1.080	0.957	0.980	0.983	
서장		1.040	0.970	1.070	0.950	1.080	0.880	0.950	0.980	0.970	0.980	1.010	0.973	
섬서		0.860	0.970	0.890	0.990	1.110	0.900	1.020	0.890	1.140	0.957	0.990	0.977	
감숙		0.960	0.970	0.990	2.090	1.400	1.500	0.420	0.660	0.640	1.157	1.010	1.043	
귀주		0.850	0.890	0.950	1.000	1.350	0.740	0.900	0.670	1.330	0.917	0.970	1.007	
		평균	0.940	0.981	0.959	1.064	1.154	0.909	1.008	0.886	1.121	1.004	1.007	0.996

주: 1) M=TC*EC 2) 평균은 산술평균임

나 흑룡강, 호북, 하남 그리고 안휘는 부분적으로 증가하기도 하였다. 낙후된 서부는 미미하지만 동 기간 연간 0.4%의 성장률의 증가를 보였다. 이처럼 동부지역은 생산성 성장은 매우 높았으나 중부와 서부지역

은 그렇지 못함으로 생산성 성장의 큰 차이가 지역간 경제성장의 격차에 더 큰 영향을 미친 것으로 보인다. 동 기간 생산성 M성장지수 1.3%는 내부변화인 기술변화(1.9%)와 효율변화(0.2%)로 나타났다.¹⁷⁾ 이

표 2. M 생산성 성장변화 (2000-2005)

지역	M (00-01)	TC	EC	M (01-02)	TC	EC	M (02-03)	TC	EC	M (03-04)	TC	EC	M (04-05)	TC	EC	M (00-05)	TC	EC
전국	0.966	0.969	0.997	0.961	1.015	0.946	0.945	1.016	0.932	0.980	1.001	0.981	0.976	0.947	1.031	0.966	0.990	0.979
상해	1.030	1.030	1.000	1.000	1.000	1.000	1.060	1.060	1.000	1.020	1.020	1.000	1.100	1.100	1.000	1.042	1.042	0.999
북경	1.000	1.020	0.980	0.940	1.000	0.940	0.960	1.030	0.930	1.010	0.990	1.020	1.450	1.070	1.360	1.072	1.022	1.050
천진	1.000	1.010	0.990	1.010	1.000	1.010	0.960	1.030	0.940	1.020	0.990	1.030	1.070	1.070	1.000	1.012	1.020	0.992
절강	0.980	1.000	0.980	1.000	1.010	0.990	0.950	1.020	0.930	1.000	1.010	1.000	1.070	1.050	1.020	1.000	1.018	0.986
광둥	1.020	1.000	1.020	1.030	1.020	1.010	0.980	1.020	0.980	0.990	1.020	0.980	1.180	1.030	1.140	1.040	1.016	1.018
부건	1.030	0.980	1.050	1.040	1.040	1.000	0.990	1.000	0.990	0.970	1.030	0.940	0.910	0.950	0.960	0.988	1.000	0.982
강소	1.040	0.990	1.040	0.990	1.020	0.970	0.870	1.010	0.860	1.020	1.010	1.010	0.990	1.050	0.940	0.982	1.016	0.966
요녕	0.990	0.990	1.000	0.970	1.020	0.950	0.960	1.010	0.950	0.860	1.020	0.850	0.890	1.050	0.850	0.934	1.018	0.928
산둥	1.010	0.960	1.050	0.910	1.030	0.880	0.900	1.000	0.890	1.010	1.020	0.990	0.950	1.040	0.910	0.956	1.010	0.934
하북	1.050	0.960	1.090	1.040	1.010	1.030	0.950	1.010	0.940	1.000	1.010	1.000	0.340	0.930	0.370	0.876	0.984	0.878
광서	0.970	0.950	1.020	0.960	1.010	0.950	0.910	1.020	0.890	0.900	0.980	0.930	0.910	0.860	1.060	0.930	0.964	0.984
평균	1.011	0.990	1.020	0.990	1.015	0.975	0.954	1.018	0.936	0.982	1.009	0.977	0.987	1.018	0.965	0.985	1.010	0.974
중부	0.960	0.960	1.000	1.010	1.020	0.990	1.020	1.020	1.010	1.000	1.000	1.000	0.880	0.890	0.990	0.974	0.978	1.002
호북	0.990	0.960	1.030	0.960	1.020	0.950	0.990	1.020	0.980	0.960	1.000	0.960	0.890	0.880	1.010	0.958	0.976	0.980
길림	0.980	0.970	1.010	0.950	1.030	0.920	1.040	1.000	1.040	0.990	1.0300	0.970	0.890	0.990	0.900	0.970	1.004	0.972
호남	0.930	0.950	0.980	0.910	1.010	0.900	0.950	1.020	0.930	0.930	0.980	0.950	0.910	0.860	1.060	0.926	0.964	0.970
하남	0.980	0.950	1.040	0.980	1.010	0.970	0.870	1.020	0.860	0.910	0.980	0.940	0.860	0.860	1.000	0.920	0.964	0.950
산서	0.890	0.950	0.950	0.920	1.010	0.910	0.910	1.010	0.900	1.010	1.010	0.990	1.130	0.940	1.200	0.972	0.984	1.008
안휘	0.970	0.950	1.030	0.900	1.010	0.890	0.850	1.020	0.830	0.890	0.980	0.910	0.860	0.860	0.990	0.894	0.964	0.914
강서	0.890	0.950	0.940	0.800	1.010	0.790	0.790	1.020	0.780	0.960	0.990	0.960	0.940	0.890	1.060	0.876	0.972	0.924
평균	0.949	0.955	0.998	0.929	1.015	0.915	0.928	1.016	0.916	0.956	0.996	0.960	0.920	0.896	1.026	0.936	0.976	0.965
서부	0.980	1.000	0.980	0.980	1.020	0.970	1.010	1.010	1.000	1.010	1.010	1.000	1.040	1.050	0.990	1.004	1.018	0.992
칭해	0.940	0.990	0.950	1.010	1.020	0.990	1.060	1.010	1.050	1.060	1.030	1.040	1.040	0.960	1.080	1.022	1.002	1.028
영하	0.950	0.970	0.970	0.970	1.030	0.940	0.930	1.000	0.930	1.040	1.020	1.020	1.140	1.020	1.120	1.006	1.008	0.992
운남	0.980	0.950	1.040	0.980	1.010	0.960	0.900	1.020	0.880	0.930	0.980	0.950	0.850	0.860	0.990	0.928	0.964	0.950
사천	0.970	0.950	1.020	0.940	1.010	0.930	0.910	1.020	0.900	1.000	0.980	1.020	0.890	0.860	1.020	0.942	0.964	0.982
서장	0.940	0.960	0.970	0.960	1.020	0.940	0.980	1.000	0.980	0.980	1.020	0.960	1.070	0.990	1.080	0.986	0.998	0.996
섬서	0.940	0.950	0.990	0.960	1.010	0.950	0.870	1.020	0.860	0.970	0.980	0.980	1.040	0.880	1.180	0.956	0.968	0.988
감숙	0.940	0.950	0.990	0.950	1.010	0.940	0.950	1.020	0.940	1.010	0.980	1.030	1.050	0.860	1.210	0.980	0.964	1.022
귀주	0.810	0.950	0.850	0.920	1.010	0.910	0.970	1.020	0.950	1.010	0.980	1.040	1.080	0.860	1.250	0.958	0.964	1.028
평균	0.939	0.963	0.973	0.963	1.016	0.948	0.953	1.013	0.943	1.001	0.998	1.004	1.022	0.927	1.102	0.976	0.983	0.998

주: 1) M=TC*EC 2) 평균은 산술평균임

기간의 생산성 성장은 기술변화에 의한 것이다. 이를 지역별로 볼 때, 4.9% 성장의 동부는 기술변화가 6.5%의 높은 기여를 보여준다. 서부 역시 기술변화의 기여가 높다. 그러나 중부는 생산성이 연평균 -1.4%의 감소를 보였고 내부적으로 기술변화가 -1.5%, 효율변화가 1.9%로서 음의 생산성은 기술변화의 저조에 기인한다. 따라서 이 기간동안 세 지역 M생산성의 주된 기여요인은 기술의 변화이다.

〈표 2〉는 2000-2005년간 오염물을 포함하지 않은 M생산성 성장지수의 결과를 제시한다. 세 지역의 M생산성 성장지수는 연평균 -3.4%의 감소를 보이고 있어서 2000년 이전보다 크게 감소하였다. 이는 2000년 이후 해외직접투자 유입이 급증하므로 중국지역에 과다한 물적 투입이 이뤄진 데 기인한다. 즉, 과다한 물적투입은 총요소생산성을 저하시키는 요인으로 작용한다.¹⁸⁾ 전체 생산성 성장지수는 내부적으로 기술변화 -0.1%, 효율변화 -2.1%로서 효율변화의 저조가 생산성을 감소시킨 것으로 보인다. 이를 세 지역으로 구분할 때, 동부는 생산성 성장이 연평균 -1.5% 감소하였고 기술변화 0.1%, 효율변화 -2.6%로서 효율변화가 생산성감소의 원인이다. 중부는 생산성이 연평균 -6.7% 감소하였고 기술변화 -2.4%, 효율변화 -3.5%로 두 요인이 모두 저조하다. 서부는 생산성이 연평균 -2.4% 감소하였고 기술변화 -1.7%, 효율변화 -0.2%로 나타났다.

〈표 3〉은 1997-2000년간 오염물을 포함한 Malmquist Luenberg(ML) 생산성지수의 결과를 보여준다. 세 지역 전체 ML생산성은 연평균 -1.4%의 감소를 보이고 있다. 동 기간의 오염물을 제외한 M생산성 성장지수에 비하면 ML생산성의 성장이 낮다. 이러한 현상은 특이한 경우로서 선진화된 경제에서는 나타나지 않는 결과이다. 즉, 이는 생산량의 증가도 빠르지만 오염배출량의 증가도 이에 못지 않게 빠르게 일어나서 오염물의 삭감은 생산성 증가, 오염물 증가는 생산성 감소로 간주하는 방향거리함수에 기초한 환경생산성에서 오염물을 제외한 생산성보다 저조한 생산성을 보인 것이다. 이를 통하여 추측할

수 있는 것은 동 기간에 중국지역은 환경규제와 규제 집행의 실효성이 없거나 혹은 오염처리의 기술이 낙후되어 있는 등의 원인으로 오염배출량의 저감이 어려운 상태임을 시사한다.¹⁹⁾ 이를 지역별로 살펴보면 동부만이 생산성이 1.016로서 연평균 1.6%의 증가하였고 중부와 서부는 각각 0.993과 0.949를 각각 보임으로써 -0.7%와 -5.1% 감소하였다. 아마도 이는 상대적으로 환경규제 수준이 동부에 강하고 오염처리 장비와 상대적으로 좋은 오염처리기술을 동부가 보유하고 있음을 시사한다.

동 기간 전체 생산성은 내부적으로 기술변화 -1.7%, 효율변화 0.0%로서 기술변화의 감소가 생산성 감소를 초래하였다. 이를 지역별로 살펴보면 동부의 연평균 1.6%의 환경생산성 증가는 기술변화 1.4%, 효율변화 0.2%로 기술변화가 주된 기여요인이다. 반면 중부는 ML 생산성이 연평균 -0.7%의 감소하였는데 내부적으로 효율변화는 0.7%의 증가를 보인 반면, 기술변화가 -2.8%의 감소하였다. 중부지역은 기술변화를 주도하는 선도지역이 아닌 후발지역이므로 효율변화가 대체로 높다. 즉, 이는 중부지역이 동부지역의 앞선 기술을 빨리 추적하는 것이 보다 편리하고 손쉬운 성장방법이기 때문이다. 서부의 환경생산성은 연평균 -5.1%로 감소하였고 기술변화 -3.8%, 효율변화 -0.9%로 나타났다. 따라서 동 기간 세 지역의 환경생산성 변화의 주된 원인은 전체의 ML생산성 감소 원인과 동일하게 기술변화이다.

2000-2005 년간 ML 생산성지수는 〈표 4〉와 같다. 오염물을 포함한 ML생산성 성장지수는 전체적으로 연평균 0.967로 감소하였고 2000년도 이전과 비교해도 감소했음을 알 수 있다. 지역별로는 동부는 0.980으로 연평균 2.0% 감소하였다. 중부는 0.941로 연평균 5.9% 감소하였고 0.981로 연평균 1.9% 감소하였다. 서부는 중부에 비하여 상대적개발이 늦어서 덜 오염된 성을 가지고 있기 때문에 서부보다는 다소 적게 감소하였다.

2000년 이후 환경생산성 지수는 내부적으로 기술변화 -1.3%, 효율변화가 -1.8%로 효율변화가 약간

표 3. ML 생산성 성장변화 (1997-2000)

	지역	M (97-98)	TC	EC	M (98-99)	TC	EC	M (99-00)	TC	EC	M (97-00)	TC	EC	
	전국	0.926	0.927	0.998	1.050	1.044	0.994	0.982	0.979	1.008	0.986	0.983	1.000	
동부	상해	1.000	1.000	1.000	1.077	1.077	1.000	1.017	1.017	1.000	1.031	1.031	1.000	
	북경	0.961	1.019	0.943	1.091	1.085	1.005	1.076	1.020	1.055	1.043	1.041	1.001	
	천진	0.987	1.013	0.975	1.063	1.068	0.995	1.072	1.040	1.031	1.041	1.040	1.000	
	절강	0.957	0.977	0.980	1.036	1.068	0.970	1.006	1.059	0.950	1.000	1.035	0.967	
	광둥	0.992	1.008	0.983	1.014	1.071	0.947	1.059	1.063	0.996	1.022	1.047	0.976	
	북건	1.000	1.000	1.000	1.009	1.009	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.003	1.003	1.000
	강소	0.980	1.020	0.961	1.097	1.065	1.030	1.058	1.049	1.008	1.045	1.045	1.000	
	요녕	1.016	1.016	1.000	1.111	1.011	1.000	1.000	1.000	1.000	1.042	1.009	1.000	
	산둥	1.021	0.979	1.043	0.965	1.063	0.908	0.991	0.972	1.020	0.992	1.005	0.990	
	하북	0.868	0.844	1.029	1.011	1.046	0.967	1.084	1.031	1.051	0.988	0.973	1.016	
광서	0.858	0.953	0.901	1.016	1.053	0.964	1.030	0.763	1.351	0.968	0.923	1.072		
	평균	0.967	0.984	0.983	1.044	1.056	0.981	1.036	1.001	1.042	1.016	1.014	1.002	
중부	흑룡강	0.988	0.988	1.000	1.020	1.020	1.000	1.006	1.006	1.000	1.005	1.005	1.000	
	호북	0.937	0.903	1.038	1.003	1.050	0.955	1.044	1.041	1.003	0.995	0.998	0.999	
	길림	0.940	0.981	0.958	0.972	1.055	0.921	0.953	1.028	0.927	0.955	1.021	0.935	
	호남	0.895	0.985	0.908	0.997	1.001	0.997	0.980	0.874	1.120	0.957	0.953	1.008	
	하남	0.866	0.878	0.986	1.101	1.008	1.092	0.987	0.909	1.085	0.984	0.932	1.055	
	산서	1.043	0.959	1.087	0.917	0.917	1.000	0.902	0.902	1.000	0.954	0.926	1.029	
	안휘	0.955	0.930	1.026	1.418	1.007	1.047	0.964	0.953	1.012	1.112	0.963	1.028	
	강서	0.997	0.997	1.000	0.995	1.001	0.993	0.951	0.944	1.007	0.981	0.981	1.000	
		평균	0.952	0.953	1.000	1.053	1.008	1.001	0.973	0.957	1.019	0.993	0.972	1.007
서부	신강	0.867	0.899	0.965	1.041	1.070	0.972	1.059	1.062	0.997	0.989	1.010	0.978	
	칭해	0.631	0.878	0.719	1.010	1.025	0.986	1.040	1.009	1.031	0.894	0.971	0.912	
	영하	0.999	0.842	0.937	0.978	1.021	0.958	0.993	0.999	0.994	0.990	0.954	0.963	
	운남	0.901	0.877	1.028	1.041	1.033	1.007	0.999	1.009	0.990	0.980	0.973	1.009	
	사천	0.827	0.890	0.929	1.065	1.033	1.032	0.840	0.984	0.853	0.911	0.969	0.938	
	서장	0.987	0.642	1.536	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.996	0.881	1.179	
	섬서	0.701	0.887	0.790	0.988	1.024	0.965	1.009	0.963	1.048	0.899	0.958	0.934	
	감숙	0.939	0.949	0.990	1.504	1.011	1.487	0.634	0.993	0.638	1.026	0.985	1.038	
	귀주	0.872	0.723	1.205	0.837	1.387	0.604	0.851	0.775	1.099	0.854	0.962	0.969	
		평균	0.858	0.843	1.011	1.052	1.067	1.001	0.936	0.977	0.961	0.949	0.962	0.991

주: 1) $M=TC \cdot EC$

더 큰 것으로 나타났다. 지역별로 볼 때, 동부는 환경 생산성이 연 평균 -2%로 감소했는데 기술변화 0.1%, 효율변화 -1.9%로 효율변화가 더 저조하였다. 서부는 환경생산성이 연평균 -1.9% 감소했는데 기술변화

-1.2%, 효율변화 -0.4%로 기술변화가 더 낮았다.

〈표 5〉에서는 1997년부터 2005년까지의 상이한 두 가지 형태의 생산성 성장지수, 즉 오염물을 포함하지 않은 M생산성 성장지수와 오염물을 포함한 ML생산

표 4. ML 생산성 성장변화 (2000-2005)

지역	M (00-01)	TC	EC	M (01-02)	TC	EC	M (02-03)	TC	EC	M (03-04)	TC	EC	M (04-05)	TC	EC	M (00-05)	TC	EC
전국	0.978	0.980	0.997	0.967	0.994	0.972	0.949	0.982	0.967	0.980	0.994	0.986	0.963	0.986	0.989	0.967	0.987	0.982
상해	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.011	1.011	1.000	1.000	1.000	1.000	1.033	1.033	1.000	1.009	1.009	1.000
북경	1.046	1.046	1.000	1.003	1.003	1.000	1.012	1.012	1.000	1.001	1.001	1.000	1.145	1.145	1.000	1.042	1.042	1.000
천진	0.985	0.985	1.000	1.000	1.000	1.000	0.995	1.005	0.989	0.964	1.000	0.964	1.087	1.053	1.032	1.006	1.009	0.997
절강	1.133	1.058	0.969	0.935	1.031	1.003	0.989	0.966	1.023	0.999	0.994	1.006	1.046	1.114	0.938	1.020	1.033	0.988
광둥	1.015	1.028	0.988	1.033	1.006	1.026	0.978	1.019	0.959	0.988	1.019	0.969	1.137	0.995	1.143	1.030	1.013	1.017
부건	1.015	1.015	1.000	1.014	1.014	1.000	1.000	1.000	1.000	0.997	0.997	1.000	0.818	0.987	0.904	0.969	1.003	0.981
강소	1.053	1.008	1.025	0.964	0.973	1.011	0.833	1.004	0.830	1.030	1.005	1.025	0.994	1.039	0.957	0.975	1.006	0.969
요녕	1.000	1.000	1.000	0.985	0.985	1.000	0.961	0.989	0.972	0.804	1.012	0.795	0.892	1.021	0.873	0.928	1.001	0.928
산둥	0.997	0.938	1.063	0.885	0.956	0.926	0.845	1.025	0.824	1.031	1.000	1.032	0.971	1.033	0.941	0.946	0.990	0.957
허베이	1.045	0.937	1.115	1.037	0.946	1.097	0.951	1.035	0.919	0.964	0.983	0.981	0.610	0.960	0.636	0.922	0.972	0.949
광서	0.958	0.958	1.000	0.968	0.969	1.000	0.978	0.978	1.000	0.891	0.891	1.000	0.856	0.856	1.000	0.930	0.930	1.000
평균	1.023	0.998	1.015	0.984	0.989	1.006	0.959	1.004	0.956	0.970	0.991	0.979	0.963	1.021	0.948	0.980	1.001	0.981
하북강	0.998	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	0.819	0.976	1.000	0.963	0.995	1.000
호북	1.000	0.967	1.034	0.958	0.999	0.959	0.995	1.011	0.984	0.968	0.998	0.969	0.929	0.933	0.996	0.970	0.982	0.989
길림	0.992	0.999	0.994	0.954	1.031	0.926	1.036	0.900	1.151	0.981	0.992	0.989	0.894	1.021	0.876	0.971	0.988	0.987
호남	0.926	0.942	0.983	0.891	0.984	0.905	0.944	1.017	0.928	0.905	0.963	0.940	0.932	0.885	1.053	0.920	0.958	0.962
허난	0.989	0.949	1.042	0.989	0.989	1.000	0.849	1.008	0.842	0.886	0.942	0.941	0.843	0.863	0.977	0.911	0.950	0.960
산서	0.880	0.880	1.000	0.873	0.873	1.000	0.865	0.865	1.000	1.068	1.068	1.000	1.015	1.015	1.000	0.940	0.940	1.000
안휘	0.875	0.958	1.030	1.013	0.997	0.902	0.864	0.993	0.870	0.988	0.995	0.994	0.950	0.994	0.935	0.938	0.987	0.946
강서	0.968	0.971	0.937	0.791	1.001	0.790	0.863	0.928	0.930	0.982	0.991	0.990	0.963	1.010	0.953	0.913	0.980	0.920
평균	0.954	0.958	1.003	0.934	0.984	0.935	0.927	0.965	0.963	0.972	0.994	0.978	0.918	0.962	0.974	0.941	0.973	0.971
신강	1.010	1.047	0.964	1.012	1.026	0.986	1.004	0.962	1.044	0.945	0.996	0.949	1.011	1.023	0.989	0.996	1.011	0.986
칭해	0.997	1.060	0.941	1.051	1.037	1.014	0.888	0.946	0.939	0.988	0.992	0.996	0.947	1.049	0.903	0.974	1.017	0.959
영하	1.005	1.014	0.991	0.999	1.007	0.992	0.985	0.982	1.004	1.007	0.997	1.010	1.018	1.037	0.984	1.003	1.007	0.996
운남	0.989	0.951	1.040	0.973	0.998	0.975	0.912	0.982	0.929	1.002	0.996	1.006	0.963	0.991	0.972	0.968	0.983	0.984
사천	0.960	0.936	1.026	0.926	0.99	0.935	0.933	0.998	0.935	1.013	0.998	1.015	0.952	0.943	1.009	0.957	0.973	0.984
서장	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.032	1.032	1.000	1.006	1.006	1.000
섬서	0.931	0.937	0.994	0.954	0.995	0.958	0.939	0.973	0.965	1.001	0.995	1.007	1.016	0.984	1.033	0.968	0.977	0.991
감숙	0.943	0.952	0.990	0.943	0.997	0.946	0.964	0.98	0.983	1.017	1.000	1.017	1.069	0.782	1.367	0.987	0.942	1.061
귀주	0.792	0.952	0.832	0.987	1.013	0.975	1.009	0.964	1.047	1.006	0.996	1.010	1.068	0.937	1.140	0.972	0.972	1.001
평균	0.959	0.983	0.975	0.983	1.007	0.976	0.959	0.976	0.983	0.998	0.997	1.001	1.009	0.975	1.044	0.981	0.988	0.996

주: 1) M=TC*EC

성 성장지수변화를 종합해 놓은 것이다. 먼저 M 생산성 변화의 추이를 보면 2000년 이전에 비하여 이후에 생산성 변화가 감소한 주된 원인은 최근으로 올수록 중국의 성장이 지나치게 많은 물적 요소의 투입으로 인해 자본과 노동의 기여도가 생산성의 기여도보다 상대적으로 훨씬 크게 나타난 데 주된 이유가 있는 것으로 판단된다. 실제 중국의 해외직접투자의 유입은 2000년 이후 급속도로 확대되어 왔다.

다음으로 오염물을 반영하지 않은 M생산성 성장지수가 오염물을 반영한 ML생산성 성장지수에 비해 평균적으로 높은 편이며 시간이 경과함에 따라 생산성 성장지수의 형태와는 무관하게 그 생산성 성장의 폭은 점차 감소한다. 즉, 2000년도 이전에는 전국의 M생산성 성장지수가 ML생산성 성장지수보다 연 평균 2.7%포인트가량 높았으나 2000년 이후에는 두 생산성 변화지수에는 차이가 거의 없다. 즉, 2000-2005년의 M과 ML생산성이 거의 비슷한 수준이지만 연도별로 보면 2000-2005년간을 제외하고 2000년 이후는 ML생산성이 높게 나타났다. 이는 중국의 지역성장도 점차적으로 2000년대 이후 오염저감활동을 하면서 이와 동시에 경제성장을 추구하는 형태를 보여주고 있다고 판단된다. 실제 2000년대 이후 환경법과 제도의 정비가 강화되고 오염기업에 대한 실질적 집행이 강화되면서 오염저감활동이 점차 보다 활발한

것으로 보인다. 따라서 2000년도 이전에 비해 그 이후가 환경을 포함한 생산성성장 지수와 그렇지 않은 생산성 성장 지수와의 차이가 훨씬 줄어들었다.

동부의 경우에는 환경을 고려한 ML생산성 성장지수가 이를 제외한 M생산성 변화지수보다 전 기간(1997-2005)에 걸쳐 낮게 나타났다. 일반적으로 예상되기는 지역적으로 동부지역이 보다 경제성장이 빠르므로 환경규제도 보다 집중되어 있을 것이므로 오염저감량이 많을 것이고 환경포함 생산성이 더 증가할 것으로 기대할 수 있다. 그러나 동부지역은 개도국의 경제성장 단계에 보다 유리한 제조업 특히 부가가치가 높은 석유코크스, 화학산업, 제철금속 등 중화학공업이 집중되어 있기 때문에 부가가치는 높을지 모르지만 오염배출량은 훨씬 높은 형태의 구조를 가지고 있다. 오염산업은 그 특성상 높은 산출량을 유지하면서 오염배출량을 대폭 줄이는데 한계가 있기 때문에 환경포함생산성을 측정할 경우 환경을 제외한 생산성보다 환경을 포함한 생산성이 크게 저하된다.²⁰⁾ 혹은 동부의 강화된 환경 규제가 존재하더라도 규제의 강도가 높지 않거나 생산단위가 이를 준수하지 않기 때문에 환경규제가 실질적 오염저감으로 연결되지 않으므로 환경포함생산성이 낮은 이유가 될 수 있다. 하지만 2000년 이후 동부의 M생산성과 ML생산성의 격차가 감소하므로 그 상황은 바뀌고

표 5. 두 가지 형태의 생산성 성장변화의 비교(1997-2005)

	지역	M(97-00)	TC	EC	M(00-05)	TC	EC
	전국	1,013	1,019	1,002	0,966	0,990	0,979
동부	평균	1,049	1,065	0,990	0,985	1,010	0,974
중부	평균	0,986	0,985	1,019	0,936	0,976	0,965
서부	평균	1,004	1,007	0,996	0,976	0,983	0,998
	지역	ML(97-00)	TC	EC	ML(00-05)	TC	EC
	전국	0,986	0,983	1,000	0,967	0,987	0,982
동부	평균	1,016	1,014	1,002	0,980	1,001	0,928
중부	평균	0,993	0,972	1,007	0,941	0,973	0,971
서부	평균	0,949	0,962	0,991	0,981	0,988	0,996

있다고 보인다.

특히 중부에서는 2000년대 이전과 이후 M생산성은 0.986과 0.936이고 ML생산 0.993과 0.941로서 큰 차이는 아니지만 오염저감활동을 포함한 생산성 성장이 높게 나타나고 있다. 이는 중부지역이 상대적으로 산출량을 증대시키면서 오염저감을 동시에 감소시켜나갈 수 있는 보다 유리한 산업구조를 가졌거나 아니면 경제가 낙후되어 개발초기에 오염배출량이 상대적으로 적고 오염저감도 쉽기 때문이기도 하다.²¹⁾

반면 서부의 경우 2000년 이전 동부와 같이 M보다 ML이 낮았으나 2000년 이후 M보다 ML이 높았다. 이는 오염저감활동이 생산성을 증가시킨 것으로 간주될 수 있다. 그런데 서부지역의 ML이 M보다 높은 실제 이유는 오염저감활동이 활발하기 때문이 아니고 낙후지역의 경제개발 초기과정에서 나타나는 불안정한 경제상태에서 발생한 것으로 보인다. 즉, 서부는 동부와 달리 지역 내 성별로 격차가 심하고 경제개발의 본 궤도에 오르지 못하였기에 개발초기에는 오염배출량 저감이 상대적으로 쉽게 이루어질 수 있기 때문이다.²²⁾

전체적으로 생산성 성장지수의 그 내부변화를 살펴보면, 2000년 이전에는 1.3%의 증가를 보인 M생산성 변화의 주된 기여인자는 기술변화(1.9%)이고 2000-2005년 동안에는 M생산성 변화가 -3.4%의 감소를 보였는데 감소의 주된 원인은 효율변화(-2.1%)로 나타났다. 반면 2000년 이전 ML 생산성 변화(-1.4%)의 주된 요인은 기술변화(-1.7%)이고 2000이후 ML 생산성 변화(-3.3%)은 효율변화에 약간 더 기인한다. 지역적으로 보면 동부의 생산성 변화의 주된 기여인자는 기술변화이지만 중부와 서부는 명확하지 못하다. 요컨대, 전체적으로 방향거리함수에 의한 환경생산성은 오염물을 보다 적극적으로 줄이면서 산출량을 증대시키는 기준으로 생산성을 측정하는 것이기에 중국의 지역관점에서 적극적인 오염저감량에 기초한 생산성 성장은 세 지역 모두 아직은 쉽지 않은 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구에서는 1997-2005년 동안 중국의 각 성을 대상으로 전통적인 생산성과 환경조정된 생산성을 비교하여 보았다. 중국 지역경제를 대상으로 지역별 전통적 생산성과 환경생산성의 차이를 분석할 경우 지역의 생산성과 환경생산성의 격차를 파악하기에 유리한 이점을 가지고 있다. 2000년 이전에 세 지역은 오염물을 반영하지 않은 M생산성 성장지수가 오염물을 반영한 ML생산성 성장지수에 비해 평균적으로 높으나 2000년 이후 세 지역의 두 생산성변화지수는 점차 비슷한 수준을 보였다. 이러한 결과는 중국 지역의 경우 환경을 제외한 생산성 성장 지수가 오염 감소활동을 고려한 생산성 성장지수보다 높음을 의미한다. 즉, 중국의 지역이 오염을 고려하고 오염을 줄이는 활동을 생산성 측정에 포함할 경우 오염물을 줄이면서 동시에 산출량을 증가시키는 생산 활동이 보다 어렵다는 의미를 함축한다.

그러나 2000년 전후로 기간을 구분할 경우 2000년 이전에는 M생산성 변화(1.013)가 ML생산성 변화(0.986)보다 높았으나 2000년 이후 두 생산성 변화지수는 거의 수렴해서 비슷해졌다. 이는 2000년 이후 환경규제가 강화되면서 중국의 지역경제가 점차적으로 실질적으로 오염저감활동을 시도한 것으로 보인다. 지역별로 동부는 환경을 고려한 ML생산성 변화지수가 이를 제외한 M생산성 변화지수보다 전 기간에 걸쳐 낮게 나타났다. 하지만 2000년 이후 두 생산성 변화는 거의 비슷한 수준으로 수렴하였다. 동부가 ML이 낮은 주된 이유는 제조업위주의 경제개발을 선도하는 지역으로 중화학공업이 집중되어 오염배출량은 많으나 산업의 특성상 일정 오염배출량 이상을 저감에는 한계가 있는 것으로 판단된다. 그러나 2000년 이후 환경규제의 강화로 환경생산성은 나아진 것으로 보인다. 중부지역이 ML생산성 변화가 M생산성 변화보다 높은 것은 상대적으로 낮은 경제개발 단계에서 생산활동이 낮아서 낮은 오염배출량 수준에서

오염저감이 쉬울 수 있기 때문으로 보인다. 반면 서부의 경우 2000년 이전 동부와 같이 M 보다 ML이 낮았으나 2000년 이후 M 보다 ML이 높았다. 서부도 중부 지역과 비슷하게 오염저감활동이 활발하기 때문이기 보다는 경제개발의 본 궤도에 오르지 못하였기에 개발초기에는 오염배출량 저감이 상대적으로 용이하기 때문이다. 개별 성별로는 M생산성 변화에서 유리한 곳은 동부의 상해, 북경, 천진, 광둥, 서부의 청해, 신강 등을 들 수 있고 ML생산성 변화에서 유리한 곳은 동부의 상해, 북경, 천진, 광둥, 절강 등을 들 수 있다. 이는 대부분의 오염저감시설이나 높은 수준의 저감기술은 주로 경제성장이 가장 앞선 성을 중심으로 상대적으로 잘 갖춰져 있음을 시사한다.

요컨대 전체적으로 방향거리함수에 의한 환경생산성은 오염물을 보다 적극적으로 줄이면서 산출량을 증대시키는 기준으로 생산성을 측정할 것이기에 중국의 지역관점에서 적극적인 오염저감량에 기초한 생산성 성장은 세 지역 모두 아직은 쉽지 않은 것으로 보인다. 오히려 중국의 각 성들은 오염배출량이 산출량에 비하여 너무 과다하게 배출되고 있어서 오염배출량을 저감하면서 산출량을 증가시키는 적극적인 생산성에서 그 성과는 매우 낮다. 이에 대한 원인으로서는 환경정책의 수준, 환경인식, 법규집행과 준수의 수준, 환경규제의 강도, 오염처리 기술수준 등을 들 수 있다. 즉, 중국은 환경규제가 강화된 시기가 최근으로 상대적으로 환경규제의 강도가 낮고 오염주체의 환경준수에 대한 의식도 다소 낮은 데 기인한다고 보인다. 이러한 요인이 총체적으로 지역경제의 오염처리기술의 수준에 의한 오염배출량으로 나타난다고 보면 현재의 중국지역의 오염기술수준으로 높은 환경생산성을 달성하기는 어렵다는 것을 시사한다.

이러한 결과를 한국과 비교할 수 있는 지역경제에 관한 실증연구는 없으므로 객관적 비교는 어렵지만 한국 산업에 적용한 강상목 외(2005)에 의하면 한국은 환경규제와 이에 따른 법규집행도 크게 강화되었고 오염저감기술 수준도 많이 향상되었기에 오염저감수준이 상대적으로 높은 편이어서 M생산성 변화

보다 ML생산성 변화가 큰 것으로 나타나고 있다. 2000년 이후에 중국의 중앙정부와 지방정부는 대외적으로 환경과 자원을 중시하는 경제성장을 표방한다고 외치고 있으나 나타난 결과는 이와는 전혀 상이하게도 경제성장에 비하여 환경과 자원을 낭비하고 오염배출량을 효율적으로 저감하지 못하고 있음을 보여주었다.

향후 중국의 지역이 오염배출량을 저감하면서 산출량을 증가시키는 지속가능한 성장을 하기 위해서는 현재와 같이 많은 오염배출량을 배출하여 환경을 파괴하는 성장에 치우친 방식의 경제개발을 지양하고 실제로 환경보호를 중시하고 오염배출을 철저히 억제하면서 경제성장을 추구하는 방식으로 경제성장 기조의 전환이 필요하다. 중국이 실질적으로 환경보전과 경제성장을 동일하게 중요시하는 지속가능한 성장으로 나아가기 위해서는 무엇보다도 청정기술 등의 선진화된 기술에 대한 투자가 적극적으로 이뤄져야 할 것이며 환경규제의 강화와 법규의 실효성을 높여나가는 노력들이 지역차원에서 있어야 할 것이다.

주

- 1) 지금까지 환경규제가 생산성에 미치는 영향에 관한 연구들은 오염저감비용의 추가적 비용으로 보는 관점과 오염저감활동이 초래하는 환경질 개선의 편익의 관점에서 생산성을 바라보는 두가지 관점으로 분류될 수 있다. 추가적 비용으로 보는 Gallop and Roberts(1983), Barbera and MaConnell(1990) 등은 환경규제로 인한 추가 오염저감비용의 부담이 생산성을 감소시킨다고 본다. 반면에 오염저감활동이 초래하는 편익관점에서 보는 Chung, Färe, and Grosskopf (1997), Färe, Grosskopf and Pasurka (2001), Domazlichy and Weber (2004) 등은 오염저감활동을 건전한 생산량 증가와 동일하게 간주해 줌으로써 활발한 저감활동의 고려가 생산성을 증대시킬 수 있고 오염저감이 이루어지는 현실을 반영하므로 환경을 고려한 생산성이 보다 현실에 가까운 진정한 생산성을 반

- 영한다고 주장한다. 본 연구는 후자의 입장을 따라서 논의를 전개한다.
- 2) 즉, 생산성이란 생산하는데 투입된 자원과 그 결과인 산출물의 관계를 말한다. 예컨대, 같은 양의 생산요소의 투입으로 보다 많은 산출량을 얻는 경우 혹은 보다 적은 양의 생산요소의 투입으로 같은 양의 산출량을 얻게 되는 경우에는 생산성이 향상된 것이라고 할 수 있다.
 - 3) 오염물을 제외할 경우 생산함수는 $P=(x, y): x \text{ can produce } y$ 로 정의된다.
 - 4) Fare, Grosskopf, and Pasurka (1986)에 따라서 오염물 집합은 약처분성을 가정하고 산출물수준의 집합은 강제분성을 가정한다.
 - 5) 여기서는 규모의 일정 불변(constant returns to scale)을 가정한다. 오염물을 제외한 산출거리함수는 $D_c(x, y)=\min\{\beta: y/\beta \in P(x)\}$ 로 정의된다.
 - 6) 방향 거리함수는 산출물과 오염물의 이동방향을 포함하는 방향벡터 g 를 포함하여 효율향상의 정도를 측정하며 $g=(y, -b)$ 의 경우 산출물은 증가하 오염물은 감소하는 방향벡터를 가리킨다.
 - 7) Chung, Fare, and Grosskopf (1997), Fare, Grosskopf, and Pasurka (2001) 등은 방향거리함수에 의한 생산성성장지수를 Malmquist-Luenberger 생산성성장지수로 표현한다. 여기서는 두 형태의 생산성 성장지수의 비교를 위하여 편의상 \overline{ML}^{t+1} 로 표시한다.
 - 8) 실제 방향거리함수에 의한 생산성 성장측정은 $g(y, 0)$, $g(0, b)$, $g(y, b)$, $g(y, -b)$ 의 경우를 모두 포함하여 측정할 수 있다.
 - 9) Färe et al.(1989, p.95)는 환경을 제외한 효율은 생산단위가 직면하는 오염저감의 비용부담을 고려하지 않고 측정된 것으로 이는 진정한 효율성이 아니라고 언급하고 있다.
 - 10) 부등호는 투입물과 산출물의 강제분성을 의미하고 등호는 오염물에 대한 약처분성을 가리킨다.
 - 11) 이는 Farrell(1957)의 기술효율을 의미하는 것으로 여기서 거리함수와 역의 관계에 있다.
 - 12) 중국국가통계국: <http://www.stats.gov.cn>
 - 13) 중국통계연감의 지역별 사회고정자산투자(investment in fixed assets)를 사용하였다.
 - 14) $K(1)=I(1)/(\delta+g)$
단, $K(1)$: 제1기의 자본스톡,

- $I(1)$: 제1기의 신규투자,
 - δ : 감가상각률,
 - g : 초기 5년간 신규투자의 연간성장률.
- 따라서 연속적인 자본스톡의 계산은 다음 식에 따른다.
- $$K(t)=(1-\delta)K(t-1)+I(t), t=2, \dots, T$$
- 15) 감가상각률의 변화는 자본스톡 크기에 영향을 주지만 모든 성(省)이 동일한 감가상각률을 적용하기 때문에 변화율을 측정하는 실증결과에는 영향이 없다.
 - 16) 2000년도를 기준으로 중국의 오염배출량이 급감하는 추이는 Lei(2005, pp.325-326)를 참조 바란다.
 - 17) 물론 효율변화는 순수 효율변화와 규모효율변화로 구분할 수 있지만 본 연구의 초점은 지역별 생산성 변화와 전통적인 내부 요인인 기술변화 효율변화에 초점을 두었기에 이를 나누지 않았다.
 - 18) 총요소생산성은 산출/요소투입으로 정의되므로 요소투입이 과다하면 생산성은 저하된다. 강상목 · 윤성민(2008)은 2000-2004년에 중국 제조업을 대상으로 성장회계접근방법에 기초하여 환경조정된 생산성을 측정하였는데 중국 제조업에서 오염을 제외한 부가가치 성장률에 대한 생산성기여도는 -17.4%이고 자본스톡과 노동 성장률의 기여도는 각각 68.4%, 49.0%이었다.
 - 19) 강상목 · 윤성민(2008)에 따르면 한국 제조업의 평균 황산화물(오염물)의 잠재가격은 1,8304로서 오염 1 단위 처리에 필요한 부가가치액은 1,8304단위가 필요한 반면 중국제조업의 1단위 평균 황산화물의 잠재가격은 0,0031로서 오염처리에 거의 비용이 들지 않았다. 이는 중국 기업이 환경규제의 강도가 약해서 기업에게 부담이 되지 않거나 환경규제가 존재한다고 하더라도 그 실효성이 거의 없음을 의미한다고 주장한다.
 - 20) 이러한 사실은 강상목 외(2005, pp.29-31)의 환경제외 생산성과 환경포함생산성을 참조하기 바란다.
 - 21) 가령, 석유정제나 화학, 화합물제조, 제1차 금속 등과 같은 오염산업이 아닌 여타 중공업이나 오염이 적은 경공업 위주로 구성되어 있을 경우 환경생산성에서 유리하다.
 - 22) 이론적으로 환경규제의 초기단계에서 오염배출량 저감은 쉽지만 환경규제가 크게 강화된 단계에서 오염의 추가 저감은 한계저감비용이 높아서 저감에 큰 부담을 초래한다.

참고문헌

- 강상목·윤성민, 2008, 한·중 제조업의 환경조정 생산성성장과 성장회계분석, 한국동북아경제학회, 동북아경제연구 20(3), pp.155-191.
- _____, 2005, 중국 환경규제와 지역별 효과분석, 국제지역학회, 국제지역연구9(3), pp.714-734.
- _____, 2003, 환경제약을 고려한 기술효율 및 생산성에 관한 연구, 경제학연구 51(1), pp.273-303.
- _____, 2002, 중국의 지역성장분석, 한국경제학회, 경제학연구 50(4), pp.329-368.
- _____, 윤영득·이명현, 2005, 산업의 생산성 성장, 기술효율, 환경성과, 경제학연구 53 (2), pp.5-39.
- 이명현, 2007, 거리함수접근을 이용한 Poter 가설에 대한 연구, 환경경제학회, 자원·환경경제연구 16(1), pp.171-197.
- Banker, R. D., Charnes, A., and Cooper, W., 1984, "Models for Estimation of Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis," *Management Science* 30, pp.1078-1092.
- Barbera A. J. and McConnell, V.D., 1990, "The Impact of Environmental Regulations on Industry Productivity: Direct and Indirect Effects," *Journal of Environmental Economics and Management* 18, pp.50-65.
- Bauer, P. W., 1990, "Recent Developments in the Econometric Estimation of Frontiers", *Journal of Economics* 46, pp.39-56.
- Brannlund R., Färe, R., and Grosskopf, S., 1995, "Environmental Regulation and Profitability: An Application to Swedish Pulp and Paper Mills," *Environmental and Resource Economics* 6, pp.23-36.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., and Diewert, E., 1982, "The Economic Theory of Index Numbers and the Measurement of Input, Output, and Productivity," *Econometrica* 50(6), pp.1393-1413.
- Chung Y. H., Färe R., and Grosskopf, S., 1997, "Productivity and Undesirable Output: A Directional Distance Function Approach," *Journal of Environmental Management* 51, pp.229-240.
- Domazlicky, B. and Weber, W., 2004, "Does Environmental Protection Lead to Slower Productivity Growth in the Chemical Industry," *Environmental and Resource Economics* 28, pp.301-324.
- Färe, R., Grosskopf, S. and Pasurka, C., 2001, "Accounting for Air Pollution Emissions in Measures of State Manufacturing Productivity Growth," *Journal of Regional Science* 4.(3), pp.81-409.
- _____, Norris, M., and Zhang, Z., 1994, "Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries," *The American Economic Review* 84(1), pp.66-83.
- _____, Lovell, C. A. K. and Yaisawarng, S., 1993, "Derivation of Shadow Prices for Undesirable Outputs: A Distance Function Approach," *Review of Economics and Statistics* 75, pp.374-380.
- _____, Lovell, C. A. K., and Pasurka, C., 1989, "Multilateral Productivity Comparisons When Some Outputs are Undesirable: A Nonparametric Approach," *Review of Economics and Statistics* 71, pp.90-98.
- Farrell, M. J., 1957, "The measurement of Productive Efficiency," *Journal of Royal Statistical Society* 120, pp.253-282.
- Gollop, F. M. and Roberts, M. J., 1983, "Environmental Regulation and Productivity Growth: The Case of Fossil-fueled Electric Power Generation," *Journal of Political Economy* 91(4), pp.655-674.
- Hailu A. and Veeman, T. S., 2000, "Environmentally Sensitive Productivity Analysis of the Canadian Pulp and Paper Industry, 1959-1994: An Input Distance Function Approach," *Journal of Environmental Economics and Management* 40(3), pp. 189-210.
- Li Lei, 2005, "Analysis of Environmental Kuznets Curves of SO2 Emission in China," East Asian Symposium on Environmental and Natural Resources Economics, A Collection of Papers II, pp.324-330.
- Shaik S. and Perrin, R. K., 2001, "Agricultural Productivity and Environmental Impacts: The Role of Non-parametric Analysis," *American Agricultural*

- Economics Association Meetings, Chicago, IL.
- Shephard, R. W., 1970, *Theory of Cost and Production Functions*, Princeton: Princeton University Press.
- Solow, R. M., 1957, "Technical Change and the Aggregate Production Function," *Review of Economics and Statistics* 39(3), pp.312-320.
- Young, A., 1995, "The Tyranny of Numbers: Confronting the Statistical Realities of the East Asian Growth Experience." *Quarterly Journal of Economics* 110, pp.641-680.
- Zaim, O. and Taskin, F., 2000, "Environmental Efficiency in Carbon Dioxide Emissions in the OECD: A

Nonparametric Approach," *Journal of Environmental Management* 58, pp.95-107.

교신: 김문휘, 부산시 금정구 장전동 산 30, Tel: 051-510-2586, E-mail: hwee@pusan.ac.kr

Correspondence: Moon-Hwee Kim, 30, Jangjeon-dong, Guemjeong-gu, Busan, 609-735, Korea, Tel: +82-51-510-2586, E-mail: hwee@pusan.ac.kr

최초투고일 2009년 4월 15일

최종접수일 2009년 6월 15일

Analysis of Regional Environment Productivity in China

Sang-Mok Kang* · Moon-Hwee Kim**

Abstract : The purpose of this study is to compare traditional productivity and environmental productivity of Chinese 28 provinces for 1997-2005. The Eastern, the Central and the Western regions show higher M productivity indices than ML productivity indices before 2000 year, but two productivity indices of three regions report almost similar levels after 2000 year. The M productivity indices were higher than the ML productivity indices in the most provinces for 1997-2005. It implies that the Chinese regional economies have difficulties in the production activity reducing pollutants and increasing desirable outputs simultaneously. In the future, the Chinese 28 provinces need to change the direction of economic growth in the way that pursuits economic growth restraining pollution emission quantities thoroughly and should improve the concrete investment for clean technology of pollutant treatment, reinforcement of environmental regulation, and effectiveness of enforcement law.

Keywords : The Chinese Provinces, Pollutant Emission Quantity, Environmental Productivity

* Professor, Department of Economics, Pusan National University

** Ph.D candidate, Department of Economics, Pusan National University