

## 한국 도시의 환경효율성과 오염물 잠재가격 비교

강상목\*

**요약:** 본 연구의 목적은 한국 도시를 대상으로 오염물별 효율성과 잠재가격을 측정함으로써 도시별로 오염처리 부담의 정도를 살펴보고자 함이다. 특히 수도권 도시와 비수도권 도시로 나누어서 오염물의 잠재가격을 비교한다. 1999-2005년간 수도권 도시의 오염 한단위의 연평균 잠재가격은 질산화물 0.846, 황산화물 0.318, PM10 0.816이다. 동 기간 비수도권의 동일한 세 가지 오염물 한 단위당 잠재가격은 연평균 0.848, 0.272, 0.789로 나타났다. 수도권 도시와 비수도권 도시 간에 질산화물의 잠재가격은 비슷한 반면 황산화물과 PM10의 잠재가격은 수도권 도시가 더 높다. 질산화물 배출량은 수도권과 비수도권에 무관하게 교통수단과 관련된 이동오염원이 전국적으로 증가하므로 차이가 없다. 다른 두 오염물에서는 수도권 도시의 오염잠재가격이 높은 것은 수도권의 환경규제가 강하고 상대적으로 산출물 증가에 비하여 오염저감량이 많아서 오염물 배출이 작은 업종으로 구성되었기 때문으로 보인다. 생산가능영역의 우하향 영역에 위치한 도시들에 대해서는 전반적인 산업구조의 변화와 도시의 에너지 소비패턴, 생활공간의 배치에 대한 재검토 등 다양한 관점에서 저감노력이 필요하다.

**주요어:** 한국도시, 환경효율성, 오염물 잠재가격

### 1. 서론

최근 정부는 지구온난화에 직면하여 오염물을 억제하면서 성장과 고용을 창출하기 위한 방안으로 저탄소 녹색성장을 추구하고 있다. 이와 같은 목표는 국가차원 뿐만 아니라 도시차원에서 개별 도시가 처한 경제와 환경적 여건, 도시의 녹색성장의 상황과 그 가능성 등을 파악하고 대비할 때 국가적으로 녹색성장이 가능할 것이다. 즉, 도시의 녹색성장이 국가적 녹색성장을 앞당길 수 있다. 그런데 현실적으로 도시의 녹색성장을 보여줄 수 있는 종합적인 성과기

준은 쉽게 찾아보기 힘들다. 최근 김미숙 외(2008)에서 환경생산성이 도시 차원에서 환경친화적 생산을 보여줄 수 있는 수단으로 제시된 바 있다. 그러나 환경생산성으로 도시의 지속가능성을 모두 대변한다고 볼 수는 없다.

추가적인 정보의 하나로서 도시가 배출하는 오염물의 잠재가격은 환경규제 내지 도시의 환경친화적인 생산구조의 여부를 보여줄 수 있다. 실제 도시별 오염물의 잠재가격은 개별 도시가 환경규제로 인하여 받게 되는 경제성장의 추가적인 비용을 의미하게 되므로 도시의 오염처리의 경제적 부담의 정도를 의

이 논문은 2007년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-신진연구지원사업의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-332-B00083).

\* 부산대학교 상과대학 경제학과 교수

미한다. 즉, 오염물을 한 단위 저감하는데 소요되는 추가적인 비용이 높은 도시와 낮은 도시를 보여준다. 오염의 잠재가격을 통하여 보다 적은 비용으로 오염물을 더 저감할 경우 어느 도시가 유리한지를 보여줄 수가 있다.<sup>1)</sup> 나아가 해당 도시가 산출수준에 비하여 오염이 다른 도시보다 많은 영역에 속한 비효율적인 도시가 아닌지 확인해 보는 것은 향후 개별도시의 건전한 녹색성장 대책 마련에 매우 중요한 정보가 될 것이다.

본 연구의 목적은 경제성장과 환경관점에서 한국 도시의 오염물 잠재가격을 추정함으로써 오염처리 부담이 높고 낮은 도시를 파악해 보고자 함이다. 즉, 도시별 오염저감의 잠재가격으로 개별 도시가 위치한 오염처리의 기회비용을 측정할 것이다.<sup>2)</sup> 나아가 수도권에 속한 도시와 비수도권에 속한 도시간에 차이가 있는지를 보기 위하여 이를 두 권역으로 구분할 것이다.<sup>3)</sup> 오염물의 시장가격이 존재하지 않는 상황에서 오염물의 잠재가격을 측정하는 것은 정책적으로 매우 중요하다. 즉, 오염물의 잠재가격은 도시가 실제 오염물의 저감비용을 잘 알 수 없는 현실에서 환경규제로 인한 제약의 정도파악, 오염물의 한계저감 비용 파악, 오염저감을 위한 환경투자 규모를 결정할 때 준거기준이 될 수 있을 것이다. 특히 도시별 오염물의 잠재가격은 각 도시의 생산요소의 투입과 산출수준, 오염배출수준간의 관계를 통하여 상이한 생산가능영역에 위치하고 있는 개별도시의 유형을 보여줄 수 있다. 즉, 이 잠재가격을 통하여 투입과 산출수준에 비하여 지나치게 많은 오염을 배출하는 비효율적인 도시를 파악할 수 있다. 이러한 개별 도시의 유형에 따라서 지속가능성의 정도를 확인할 수 있으므로 향후 산업구조의 변화나 오염산업의 유치 등을 결정할 때 유용한 정보로 활용할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 도시별 오염잠재가격을 측정하기 위하여 거리함수에 기초한 비모수적 접근방법을 사용하고자 한다.<sup>4)</sup> 비모수적 방법은 일정한 함수형태를 전제하지 않고 포함된 생산단위의 투입물과 산출물을 통하여 프론티어를 형성하고 이에 기초하여 오염

물의 잠재가격을 추정할 수 있다. 오염물의 잠재가격을 추정한 연구는 Färe, Grosskopf, Lovell, and Yaisawarng(1993), Coggins and Swinton(1996), Swinton(1998), Martinetz, Tadeo, and Sancho (2001), Färe and Grosskopf(2001), Lee(2005), Färe, Grosskopf, and Weber(2005, 2007), 이명현 외 (2009)를 들 수 있다. 이러한 선행연구들은 모두 일정한 생산함수에 기초하여 기술효율과 오염의 잠재가격을 측정하는 모수적 접근법을 사용하였다. 본 연구는 방향거리함수를 이용한 비모수적 방법에 의존하여 오염의 잠재가격을 추정한다는 점에서 선행연구를 보완한다. 뿐만 아니라 도시를 대상으로 오염물의 잠재가격을 측정한 기존 연구는 존재하지 않는다.

이하 제2장에서는 도시의 오염물별 효율성과 오염물 잠재가격 추정을 위한 이론모형을 제시하고 제3장에서는 실제 한국 도시를 대상으로 산출물은 증가하고 오염물은 감소하는 효율적도인 방향거리함수에 기초한 도시별 환경효율성을 측정할 후 이를 기초로 오염물별 잠재가격을 측정한다. 제4장에서는 정책적 시사점과 함께 결론을 맺는다.

## 2. 이론모형

도시 간에 상대적으로 오염처리의 부담이 높고 낮은 도시를 파악하기 위해 오염의 잠재가격의 추정이 필요하다. 산출량과 오염량의 가중치를 결정하는데 사용될 수 있는 오염물의 잠재가격을 측정하기 위해서 Chung *et al.*(1997)의 방향거리함수를 도입한다. 기본 가정으로 투입물  $x=(x_1, x_2, \dots, x_N) \in R^+$ 는 산출물  $y=(y_1, y_2, \dots, y_M) \in R^+$ 과 오염물  $b=(b_1, b_2, \dots, b_l) \in R^+$ 을 생산한다고 하자. 방향거리함수는 다음과 같이 정의된다.

$$\vec{D}(x,y,b;g) = \max\{\beta:(y,b) + \beta g \in F(x)\} \quad (1)$$

식(1)에서  $\beta$ 는 방향거리함수의 실제 효율수준이고  $g$ 는 방향벡터를 의미한다. 생산가능집합 $F(x)$ 에 대하여 방향거리함수는 산출물과 오염물에 대한 방향 벡터  $g$ 를 각각 줄 수 있다. 예를 들어,  $g(g_y, -g_b)$ 는 산출물 증가, 오염물감소의 동시적 방향벡터를 의미한다. 이 함수는 생산점  $(y, b)$ 가  $g$ 를 따라서 생산 프론티어상의 점으로부터 이탈된 정도를 측정한다. 도시의 생산활동이  $\beta=0$ 로 프론티어 상에 있다면 효율적이고  $\beta>0$ 이면 비효율적이다. 따라서 생산프론티어로부터 떨어져 있을수록 효율성은 낮은 것으로 간주되고 그 값은 0보다 크진다.

그림 1은 방향거리함수에 기초한 오염물 잠재가격과 도시가 처한 생산영역을 보여주고 있다. 가령,  $F(x)$  내의 한 점 B가 있다고 가정하자. B점에서 지속 가능한 성장에 부합하는 방향으로서 산출물은 증가하고 오염물은 감소하는 방향  $g(g_y, -g_b)$ 을 부여할 때  $\beta_w$ 는 B와 B' 사이의 거리를 측정한다. 점B가 프론티어 상의 점과 근접할수록  $\beta_w$ 는 작아져서 프론티어 상에 이르면 0의 값을 갖는다. 이 때 B'에서 산출량과 오염량은  $(y + \beta_w g_y, b - \beta_w g_b)$ 로 추정된다. B'에서 접선의 기울기는 산출물과 오염물 간에 상대적 교환비율

로 표시되므로 이는 한계전환율을 의미하고 균형에서 오염물과 산출물의 상대적 가격 비율과 일치하므로 산출물 가격을 알면 오염물의 잠재가격을 구할 수 있다. 나아가 A와 B는 오염물의 잠재가격이 증가하는 영역에 있고 C는 오염물 잠재가격이 0, E는 오염물의 잠재가격이 감소하는 영역에 속한다. 가령, C점을 경계로 B점과 D점을 비교하면 같은 바람직한 산출량 수준에서 점B는  $b_1$ 의 오염물을 배출하지만 점D는 더 많은  $b_2$ 의 오염물을 배출한다. 즉, 점 D는 상대적으로 비효율적인 생산활동을 하고 있다고 볼 수 있다. 비슷하게 같은 산출량 수준에서 A점에 비하면 E점은 매우 과도한 오염물을 배출하고 있다. C점을 경계로 좌변의 영역에 속한 도시들은 환경규제가 강하거나 오염이 적은 생산활동으로 인하여 오염물의 잠재가격이 높다. 반면 C점의 우변에 위치한 도시들은 오염물의 잠재가격이 낮거나 음(-)의 수준을 보이게 된다. 이는 오염처리로 오히려 산출량이 증가하거나 오염물배출을 증가시킬 경우 산출량이 감소하는 특이한 형태를 보여주는 것으로 경제적으로 낙후되었거나 혹은 과도한 오염물을 배출하는 산업을 가진 도시가 속할 수 있다. 또한 경제활동이 활발하지만 많

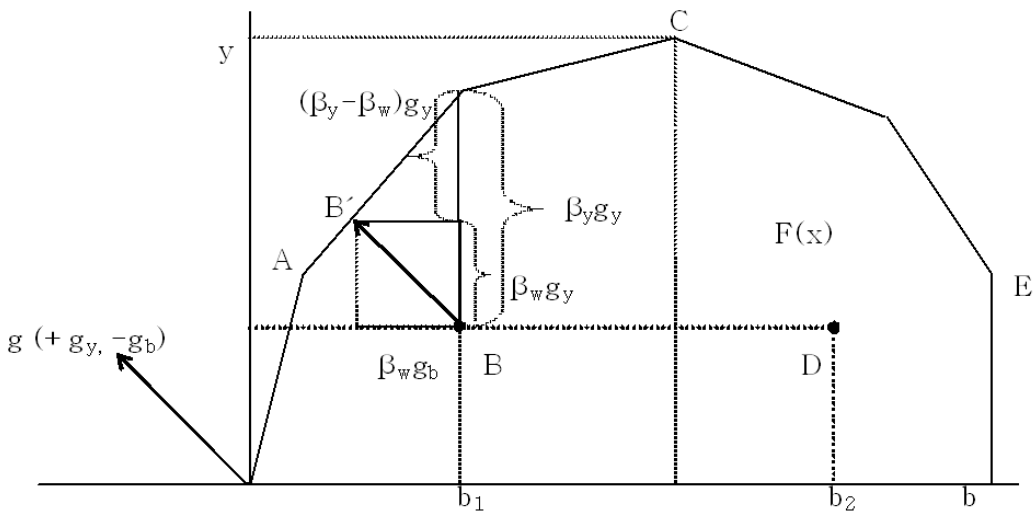


그림 1. 오염물 잠재가격과 도시의 생산영역

은 오염물을 배출하는 공업도시 등이 여기에 해당할 것이다. C점의 주변에 위치한 도시들은 경제와 환경의 동시적 관점에서 바람직하지 못하다.

이러한 오염물의 잠재가격을 이론적으로 유도하기 위해서 방향거리함수와 수익함수간의 관계를 이용할 수 있다. Chamber *et al.*(1998)과 Färe *et al.*(2001)은 산출물 방향거리함수와 수익함수 간에 쌍대성을 보여준 바 있다. 이 쌍대성(duality) 관계를 통하여 Shepard's Lemma를 적용하면 산출물 잠재가격을 구할 수 있다.<sup>5)</sup> 먼저 수익함수(revenue function)를 다음과 같이 정의하자.

$$R(x, p_y, p_b) = \max\{p_y y + p_b b : (y, b) \in F(x)\} \quad (2)$$

식(2)에서  $R(\cdot)$ 는 수익함수를 가리키고  $p_y$ 는 바람직한 산출물의 가격벡터,  $p_b$ 는 오염물의 잠재가격으로 비양( $\leq 0$ )의 가격벡터이다.  $p_y$ 는 산출물의 가격으로 비음( $\geq 0$ )의 벡터이다. 산출물과 오염물 가격이 주어질 때 수익함수  $R(\cdot)$ 는 투입물  $x$ 로부터 얻을 수 있는 실현가능한 최대수익을 나타낸다. 오염물은 일종의 음(-)의 수익이므로 음(-)의 부호를 갖는다. 다시 방향거리함수를 이용하여 수익함수를 정의하면 다음과 같다.<sup>6)</sup>

$$R(x, p_y, p_b) = \max\{p_y y + p_b b : \vec{D}(x, y, b; g) \geq 0\} \quad (3)$$

식(3)에서  $(y, b) \in F(x)$ 이면  $(y + \beta g_y, b - \beta g_b) \in F(x)$ 이다. 즉, 임의의 생산결합점  $(y, b)$ 가  $F(x)$ 에 속하면 산출량을 확대하고 오염물을 축소하는 새로운 생산점도  $F(x)$  내에 존재한다. 식(3)에서 좌변이 최대수입함수라 할 때 우변은 실제 수입함수를 의미하므로 최대수입과 실제수입간에 부등호로 표시할 수 있다. 즉,

$$\begin{aligned} R(x, p_y, p_b) &\geq (p_y, p_b)\{y + \vec{D}(x, y, b; g)g_y, b - \vec{D}(x, y, b; g)g_b\} \\ &= p_y y + p_b b + p_y \vec{D}(x, y, b; g)g_y - p_b \vec{D}(x, y, b; g)g_b \\ &= p_y y + p_b b + (p_y g_y - p_b g_b) \vec{D}(x, y, b; g) \end{aligned} \quad (4)$$

식(4)를 방향거리함수에 대하여 정리하면 다음과 같이 표현된다. 즉,

$$\vec{D}(x, y, b; g) \leq [R(x, p_y, p_b) - (p_y y + p_b b)] / (p_y g_y - p_b g_b) \quad (5)$$

그러므로 방향거리함수는 수익함수에 기초하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\vec{D}(x, y, b; g) = \min\{R(x, p_y, p_b) - (p_y y + p_b b) / (p_y g_y - p_b g_b)\} \quad (6)$$

이처럼 식(3)과 식(6)으로 수익함수와 방향거리함수 간에 쌍대성이 성립하고 이에 Shepard's Lemma를 적용하면 오염물과 산출물의 잠재가격을 구할 수 있다. 즉,

$$\frac{\partial \vec{D}(x, y, b; g_y - g_b)}{\partial b} = \frac{-p_b}{(p_y g_y - p_b g_b)} \geq 0 \quad (7)$$

$$\frac{\partial \vec{D}(x, y, b; g_y - g_b)}{\partial y} = \frac{-p_y}{(p_y g_y + p_b g_b)} \leq 0 \quad (8)$$

식(7)과 식(8)을 정리하면 산출물  $y$ 와 오염물  $b$ 간의 기술 한계전환율(the marginal rate of technical transformation)을 다음과 같이 유도할 수 있다. 즉,

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

식(9)에서 산출물과 오염물의 상대가격은 오염물 1단위 변화에 따른 산출물 변화량과 같다. 오염물과 산출물 가격의 상대적 비율은 결과적으로 산출량과 오염량의 한계변화의 비율과 동일하다. 오염물의 잠재가격은 산출물의 가격이 일정하다고 할 경우 1단위 오염물 처리에 필요한 생산액의 단위를 의미한다. 만약 산출물의 가격을 알면 오염물의 잠재가격은 다음과 같이 도출될 수 있다.

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

식(10)에서  $p_y$ 는 임의의 산출물 가격이고 오염물의 잠재가격은 산출물의 변화로 표시된 한계기회비용을 나타낸다. 즉, 오염물 잠재가격은 오염저감의 한계비용과 동일하게 간주된다.<sup>7)</sup> 이는 일종의 기회비용으로서 개념으로서 오염물 한 단위 줄이기 위하여 희생해야 하는 산출물의 양을 의미하고 해당 오염물질에 대한 한계저감비용으로 해석할 수 있다. 만약 임의의 산출물의 가격이 1이라고 가정하면 오염물의 가격은 산출물과 오염물의 한계변화량에 의하여 결정된다. 가령, 오염물의 잠재가격이 0이면 오염물의 한계저감비용이 0임을 의미한다. 이러한 오염물의 잠재가격은 그림 1에서 설명한 바와 같이 산출물과 오염물 간에 한계전환률 즉, 프론티어의 기울기를 구하면 된다. 즉, 방향벡터에 의한  $\beta_y$ 와  $\beta_w$ 간의 상대적 비율을 도출하면 오염의 잠재가격은 추정할 수 있다.

한편, 실제 오염물의 잠재가격을 추정하기 위해서 본 연구는 방향거리함수에 기초하여 효율수준과 오염의 잠재가격을 추정하는 선형프로그램을 사용한다. 비모수적 방법으로 오염물의 잠재가격을 추정하기 위해서 실제 포함된 57개 도시의 투입물과 산출물, 오염물의 시계열 및 횡단 자료에 기초하여 생산 프론티어를 유도한다. 우선 각 년도에  $t=1, \dots, T$ 에 생산단위  $k=1, \dots, K$ 가 있다고 가정하자. 이 생산단위들은 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. 앞에서 설명한 바와 같이 오염물 잠재가격을 추정하려면  $\beta_y$ ,  $\beta_w$ 를 각각 추정해야 한다. 먼저,  $\beta_w$ 를 계측하려면 산출물과 오염물이  $g^t(+g_y^t - g_b^t)$ 의 방향성을 갖는 방향거리함수의 선형프로그램이 필요하다. 즉,

$$\vec{D}^t(x_n^{kt}, y_m^{kt}, b_i^{kt}, g_y^t - g_b^t) = \max \beta_w$$

$$\begin{aligned}
 \text{s.t. } & \sum_{k=1}^K Z^{kt} y_m^{kt} \geq y_m^{kt} + \beta_w g_y^t, k=1, \dots, K, t=1, \dots, T, \\
 & m=1, \dots, M \\
 & \sum_{k=1}^K Z^{kt} b_i^{kt} = b_i^{kt} - \beta_w g_b^t, i=1, \dots, I \\
 & \sum_{k=1}^K Z^{kt} x_n^{kt} \leq x_n^{kt}, n=1, \dots, N \\
 & Z^{kt} \geq 0 \quad (11)
 \end{aligned}$$

식(11)에서 방향벡터( $g$ )는 바람직한 산출물과 오염물에 대한 적절한 방향성을 부여하여 생산단위로부터 프론티어까지 거리를 측정한다. 그러므로  $t$ 기 투입물과 산출물의 제약조건하에서 동시에 확대가능한 산출량과 축소가능한 오염물의 수준을  $\beta_w$ 로 측정한다.  $\beta_w$ 는 방향거리함수의 효율값으로 0보다 크거나 같고 포함된 생산단위에 따라서 그 값이 다르다. 제약조건에 포함된  $Z^{kt}$ 는 일종의 가중치로서  $K \times 1$  밀도벡터이다. 이는 관측된 투입물과 산출물의 볼록 결합을 통하여 생산가능경계를 형성한다.  $Z^{kt} \geq 0$ 의 밀도벡터 제약은 생산기술이 규모일정불변을 가정한다.<sup>8)</sup> 첫 번째 제약식에서 좌변에  $Z^{kt}$ 는 산출물 벡터와 결합하여 최대산출량을 형성한다. 우변의 첫 번째항은 실제 산출량이고 두 번째 항은 방향거리함수의 값으로 표시된 잠재적 확대가능 산출량이 된다. 세 번째 제약식에서 좌변은 투입물벡터와 결합하여 최소투입물을 형성하고 우변은 실제투입물이므로 최소투입물이 실제투입물보다 작거나 같다는 제약조건을 의미한다. 두 번째 제약식에서 오염물에 대한 등호는 약처분성을 가리키는 것으로서 실제 환경규제하에 배출량 이상으로 자유처분될 수 없음을 의미한다. 즉, 좌변의 최대오염물은 우변의 실제배출량에서  $\beta_w g_b^t$  만큼 차감한 것과 동일해야 한다는 환경적 제약을 함축하고 있다. 이 환경제약은 환경규제로 초래되며 현 상태에서 산출물을 확대하고 오염물을 동시에 축소할 수 있는 정도를 보여주게 된다. 반면 투입물과 산출물에 대한 부등호는 최대치보다 실제치가 작으면 항상 만족되므로 이들의 자유처분 즉, 생산에 아무 제약이 없음을 의미한다.<sup>9)</sup>

다음으로 산출물과 오염물의 한계전환율을 얻기 위해서는  $\beta_y$ 를 측정해야 한다. 이를 위해서 오염물을 일정하게 둔 상태에서 바람직한 산출물이 확장될 수 있는 정도를 측정한다. 일정한 오염물하에서 바람직한 산출물만 확대하는 방향거리함수의 선형계획식은 다음과 같다.

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

식(12)에서 첫 번째 제약식에서 바람직한 산출물에 대해서만 방향성을 부여하고 두 번째 제약식에서 최대오염배출량이 실제 오염배출량 이상 배출할 수 없는 제약조건을 주고 있다. 이는 주어진 실제 오염배출량 수준에서 확대가능한 산출량의 방향거리함수의 해를 구하는 것이 된다. 이와 같이 식(11)과 식(12)을 이용하여 각 도시의 개별 효율성을 각각 구하고 이에 기초하여 오염물별 잠재가격을 유도할 수 있다.

### 3. 자료와 실증결과

오염물의 잠재가격을 추정하기 위한 통계자료는 1999-2005년간 57개 시의 투입물과 산출물, 오염물 배출량을 사용하였다. 실증에 포함된 도시는 통계가 행정구역별로 제공되므로 행정구역상 광역대도시와 시군구 가운데 시(市)를 포함한다. 도시의 투입요소는 사업체기초통계조사에 나오는 도시별 월평균 노동자수를 이용하였고 자본스톡은 통계청의 국부통

계조사보고서에 나오는 자본스톡을 사용하여 도출하였다.<sup>10)</sup> 바람직한 산출물로서 도시의 지역내 총생산(GRDP)은 각 도의 통계연보와 각도의 내부자료로부터 얻었다. 그런데 지역내 총생산(GRDP)이 충청남북도, 전라남북도, 제주도는 하위 자치단체의 지역내총생산 통계를 제공하지 않기 때문에 자료가 이용가능한 경기도, 강원도, 경상남북도에 속한 51개 도시와 6개 광역시만을 분석대상에 포함할 수 밖에 없었다. GRDP와 자본스톡 등의 금액자료는 2000년 기준 GDP 디플레이터로 환산하였다. 바람직하지 못한 오염물로는 NOx, SOx, PM10 등 3가지이다.<sup>11)</sup> 이는 국립환경과학원의 대기정책지원시스템(CAPSS)자료를 이용하였다.

57개 도시의 기술통계량은 표 1과 같다. 57개 도시의 노동은 1999년 도시당 평균 180,313명에서 2005년 212,300명으로 증가하였다. 자본스톡은 1999년 379,040억에서 2005년 449,120억원으로 꾸준히 증가해 왔다. 지역내 총생산(GRDP)은 1999년 평균 72,010억에서 98,070억원으로 증가하였고 오염물 중 NOx 배출량은 1999년 평균 10241톤에서 2005년 12,684톤으로 증가하였다. PM10 배출량도 1999년 평균 786톤에서 NOx와 비슷한 추이를 보이며 2005년 914톤으로 나타났다. 반면 SOx 배출량은 1999년 평균 5,146톤에서 감소추세를 보여서 2005년 3,443톤으로 나타났다. 동 기간 동안 황산화물 배출량이 감소한 것은 도시지역에서 황산화물에 대한 환경규제가 강화되고 있고 제조업 등 산업에서 황산화물 배출량이 적은 업종으로의 구조조정에 기인한 것으로 보인다. 반면 질산화물과 PM10의 증가는 자동차 등 이동오염원이 꾸준히 증가하고 있기 때문으로 추정된다.

먼저 수도권의 세 오염물의 잠재가격의 측정에 필요한 방향거리함수의 효율성을 제시하면 표 2와 같다. 표 2는 식(11)을 이용하여 도출한 것으로 수도권의 오염물별 방향거리함수의 효율성을 보여준다. 즉, 바람직한 산출물은 증가하고 해당 오염물은 감소하는 방향을 주었을 때 프론티어와 실제 생산점 간의

표 1. 57개 도시의 기술통계

		노동(명)	자본(10억)	GRDP(10억)	NOx(톤)	SOx(톤)	PM10(톤)
1999	평균	180313	37904	7201	10241	5146	786
	표준편차	466288	103317	17535	14747	11678	1933
	최대	3367652	753136	127750	79491	78263	13831
	최소	14876	2115	426	918	44	50
2000	평균	190228	39269	7797	10726	4921	779
	표준편차	492207	105784	18971	15957	13084	2047
	최대	3574824	771633	138492	85348	89806	14921
	최소	15060	2132	493	948	42	52
2001	평균	199002	40279	8125	11504	4942	794
	표준편차	518120	107981	19606	18349	12673	1773
	최대	3763794	787147	143088	98187	85917	12169
	최소	17027	2251	462	1100	39	59
2002	평균	206148	41430	8774	12200	4195	765
	표준편차	525664	109457	21175	19410	10700	1591
	최대	3805462	794779	154503	107082	74106	10484
	최소	17478	2355	484	921	38	48
2003	평균	207707	42504	9048	13097	3649	930
	표준편차	523042	112220	21310	20170	8860	1989
	최대	3791943	818236	154944	111698	58860	13561
	최소	15457	2256	486	973	33	47
2004	평균	208615	43915	9454	12843	3307	857
	표준편차	515979	114952	21584	19866	8665	1927
	최대	3732230	837356	156224	103549	59230	13266
	최소	16232	2469	533	837	39	62
2005	평균	212300	44912	9807	12684	3443	914
	표준편차	528202	117736	21838	20196	8725	2150
	최대	3843010	861055	157094	107257	59198	15152
	최소	16929	2479	542	688	29	32

주: GRDP와 자본스톡은 2000년 기준 환산금액

거리로 측정된 것이다. 따라서 방향거리함수의 효율성은 0이면 효율적이고 0에서 멀수록 비효율적이다. NOx의 1999-2005년간 평균 효율성은 0.296으로 약 30%의 효율개선의 여지가 있다. 동 기간 효율은 1999년보다 2005년으로 올수록 악화되고 있음을 확인할 수 있다. 이는 수도권의 이동오염원의 증가로 상대적으로 질산화물 배출량이 증가한데 기인한 것으로 보인다. 질산화물 배출량을 기준으로 효율성이 상대적

으로 높은 도시는 용인, 서울, 과천, 이천 등이고 가장 낮은 도시는 하남, 인천, 고양, 남양주 등으로 나타났다. 즉, 용인, 서울 등은 프론티어 위에 위치하거나 동 기간 프론티어에 가까이 위치하기 때문에 산출물 증가와 오염물 감소를 동시에 향상시킬 여지는 적은 반면 하남, 인천 등은 상대적으로 바람직한 산출은 낮아서 효율개선의 여지는 많은 것으로 판단된다.

특히 서울은 질산화물배출량이 많지만 이에 비하

표 2. 수도권도시의 오염물별 방향거리함수의 효율성

수도권	NOx			SOx			PM10		
	1999	2005	평균	1999	2005	평균	1999	2005	평균
서울	0.018	0.102	0.060	0.318	0.286	0.234	0.021	0.000	0.003
인천	0.390	0.611	0.501	0.543	0.844	0.646	0.327	0.537	0.440
수원	0.031	0.346	0.189	0.000	0.174	0.025	0.018	0.290	0.114
성남	0.345	0.456	0.401	0.322	0.306	0.278	0.276	0.295	0.319
의정부시	0.381	0.429	0.405	0.413	0.528	0.380	0.394	0.409	0.376
안양시	0.247	0.355	0.301	0.122	0.275	0.195	0.161	0.205	0.181
부천	0.030	0.322	0.176	0.000	0.163	0.095	0.000	0.291	0.219
광명	0.000	0.495	0.247	0.171	0.512	0.199	0.000	0.412	0.167
평택시	0.288	0.491	0.389	0.318	0.498	0.367	0.225	0.372	0.255
동두천	0.294	0.399	0.346	0.637	0.660	0.577	0.360	0.341	0.313
안산	0.000	0.327	0.163	0.000	0.279	0.180	0.000	0.275	0.200
고양	0.510	0.481	0.496	0.457	0.383	0.450	0.411	0.375	0.428
과천	0.110	0.027	0.069	0.000	0.000	0.000	0.137	0.000	0.105
구리	0.213	0.392	0.302	0.130	0.320	0.199	0.191	0.338	0.303
남양주	0.512	0.505	0.509	0.491	0.511	0.486	0.577	0.494	0.532
오산시	0.215	0.393	0.304	0.101	0.279	0.237	0.254	0.370	0.363
시흥	0.163	0.399	0.281	0.205	0.437	0.344	0.184	0.422	0.328
군포	0.134	0.175	0.155	0.188	0.194	0.264	0.166	0.174	0.217
의왕시	0.246	0.502	0.374	0.242	0.337	0.267	0.301	0.465	0.424
하남시	0.567	0.485	0.526	0.866	0.428	0.554	0.602	0.466	0.527
용인시	0.055	0.000	0.028	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.029
파주시	0.389	0.444	0.417	0.445	0.662	0.561	0.497	0.523	0.459
이천시	0.000	0.180	0.090	0.029	0.198	0.120	0.000	0.199	0.160
안성시	0.390	0.418	0.404	0.348	0.495	0.411	0.448	0.458	0.446
김포	0.315	0.214	0.264	0.263	0.297	0.260	0.423	0.321	0.338
수도권평균	0.234	0.358	0.296	0.296	0.363	0.293	0.239	0.321	0.290

주: 개별 오염물 방향거리함수의 값의 평균은 1999-2005년간 평균치  
 지면관계상 1999, 2005년 값만 제시한 것

여 워낙 지역내 산출(GRDP)이 높기 때문에 상대적 거리로 측정하면 효율이 높은 도시에 속한다. 반면 인천이 낮은 효율은 보인 것은 서울과는 정반대로 GRDP는 상대적으로 낮고 투입요소인 노동과 자본은 많은 반면 질산화물 배출량은 높기 때문이다.<sup>12)</sup> 이러한 패턴은 PM10에서도 질산화물의 효율성과 유사하게 질산화물에서 효율이 높은 지역은 대체로 높고 낮은 지역은 대체로 낮다. 따라서 질산화물과 PM10은 주로 이동오염원에서 함께 많이 배출되는 것으로 보

인다. 그런데 황산화물에 대한 효율성은 같은 기간에 다른 두 오염물에 대한 효율성과 비슷하지만 도시간에는 다소 상이한 형태를 보여준다. 즉, 과천, 용인, 수원, 부천 등 서울의 인접도시들이 효율이 높으나 인천, 동두천, 남양주, 하남, 파주시 등은 낮은 효율을 보여주었다. 아마도 이는 서울을 포함한 인접도시들에 대해서는 황산화물 배출에 대한 환경규제를 강화하여 청정연료 사용을 의무화해왔기 때문으로 보인다.



다음으로 비수도권의 오염물질 방향거리합수의 효율성은 표 3과 같다. 비수도권 32개 도시의 NOx 배출량의 1999-2005년간 평균 효율성은 0.430으로 다소 높은 편이다. 평균 효율성을 기준으로 볼 때, 비수도권의 질산화물 배출량을 기준한 효율성의 년도별 추이도 수도권과 마찬가지로 1999년에 비하여 2005년으로 올수록 대체로 악화되는 패턴을 보여준다. 이는 수도권과 마찬가지로 이동오염원이 크게 증가함으로써 최근으로 올수록 질산화물의 배출량이 증가한 데 기인한 것으로 보인다. 질산화물 배출량을 기준한 비수도권 도시 중 효율이 상위에 속한 도시로는 울산, 구미, 창원, 거제시 등으로 이들 도시는 공단 등을 포함하고 있는 공업도시로서 서울과 비슷하게 지역내 총생산이 높아서 질산화물배출량이 높더라도 최대효율점에 속한다.<sup>13)</sup> 반면 강원도에 위치한 도시들로서 삼척, 동해, 강릉시가 가장 효율이 낮았다. 이 도시의 특징은 지역내 총생산은 낮으면서 질산화물의 배출량은 상대적으로 높은 형태를 보여주고 있다. 즉, 이들 도시는 생산 프론티어 상의 프론티어의 기울기가 우하향하는 지역에 위치함으로써 프론티어 기울기가 우상향하는 지역에 비하여 오염물은 많고 GRDP는 작아서 프론티어에서 멀리 떨어져 있다. 따라서 이러한 도시들의 효율성을 어떻게 높일 수 있는가 하는 점이 앞으로 도시의 지속가능한 성장 차원에서 과제가 될 수 있다. 이와 유사하게 비수도권의 PM10을 기준으로 한 효율성은 1999-2005년간 평균 0.446이고 1999년 0.427에 비하여 2005년 0.514로 악화되는 추세를 보여준다. 효율성이 높은 도시와 낮은 도시는 PM10배출량이 질산화물 증가 추이와 비슷하고 효율수준도 비슷한 수준이다. 즉, 울산, 구미, 창원 등 산업공단이 위치한 도시는 효율성이 높고 강원도에 속한 도시들은 역시 효율성이 낮다. 비수도권의 황산화물을 기준으로 한 효율성에서도 울산, 구미는 가장 높은 수준을 보이고 그 다음으로 창원과 거제시 등이 높다. 효율성이 좋지 않은 도시는 대체로 강원도의 도시들과 부산, 대구 등의 광역시가 속한다. 부산, 대구는 전통적인 제조업이 아직 상당부분

남아 있기 때문에 다른 오염물 보다 황산화물 기준 효율성이 악화된 것으로 보인다.

결과적으로 수도권 도시와 비수도권 도시를 비교해 보면 세 오염물 기준 효율성에서 모두 수도권 도시의 효율성이 비수도권 도시보다 높다. 그 중에서도 황산화물 배출량 기준 효율성에서 더 큰 차이가 나고 있다. 이는 주로 수도권에 서비스업과 첨단 산업이 보다 집중되고 수도권 도시에 대한 청정연료 사용이 상대적으로 증가하며 수도권 지역의 제조공장 증설에 대한 규제가 더 강한 데에 그 원인이 있을 수 있다.

한편, 57개 도시의 세 개의 오염물질 잠재가격을 추정하면 표 4, 5와 같다. 이는 산출물의 가격을 1로 둘 경우 세 오염물의 저감에 필요한 산출액의 단위를 보여준다. 오염의 잠재가격은 오염의 1단위 추가 저감을 위하여 포기해야하는 생산액을 의미하는 것으로 도시의 환경규제의 강도와 오염배출량을 결정하는 산업의 구조 등에 주로 의존한다. 일반적으로 오염물 배출량과 오염물 한계저감비용의 관계는 오염물 배출량이 증가할수록 한계저감비용은 낮아진다. 여기서 오염물의 잠재가격은 한계저감비용과 같은 것으로 오염의 잠재가격이 낮을수록 적은 비용으로 생산이 가능하기에 그 도시는 가격경쟁력 면에서 비교우위에 있다고 볼 수 있다.<sup>14)</sup>

먼저 수도권의 27개 도시의 질산화물 잠재가격은 1999-2005년간 연평균 0.846이다. 즉, 수도권 도시는 질산화물 1단위 오염배출량을 저감하기 위해서는 0.846 단위의 산출량을 포기해야 가능하다. 또한 질산화물의 잠재가격이 1999년 0.431에서 2005년에는 1.055로 증가함으로써 질산화물 1단위 처리에 필요한 생산액은 크게 증가하였다.<sup>15)</sup> 즉, 단위당 질산화물과 산출량의 교환비율은 점차 더 증가하였다. 1999년 기준 질산화물의 잠재가격을 도시별로 볼 때, 서울, 고양, 하남, 남양주, 인천 등과 같은 도시가 높은 편에 속한다. 서울과 같이 잠재가격이 높은 도시는 추가적인 오염저감의 부담이 크기 때문에 환경규제를 더 강화할 경우 생산에 큰 부담을 줄 것이다. 서울과

달리 고양이나 하남시는 환경규제가 강하다기 보다는 오염산업이 적은 산업구조로 이루어져 있기에 질산화물 자체가 산출량에 비하여 상대적으로 적게 배출된 데 기인한 것으로 판단된다. 반면 안양, 안산, 오산, 이천, 용인, 수원, 광명 등은 낮은 편에 속한다.

특히 안양, 안산, 오산 등은 음(-)의 값을 보인다. 음(-)의 잠재가격은 오염처리에 거의 비용이 발생하지 않음을 의미한다. 즉, 이들 도시는 생산의 우하향 영역에 속하여 산출량에 대비하여 과다한 질산화물을 배출하는 도시로 간주된다. 이러한 도시들은 지속가

표 3. 비수도권도시의 오염물별 방향거리함수의 효율성

비수도권	NOx			SOx			PM10		
	1999	2005	평균	1999	2005	평균	1999	2005	평균
부산	0.389	0.503	0.446	0.757	0.892	0.792	0.513	0.528	0.489
대구	0.423	0.534	0.479	0.791	0.821	0.784	0.702	0.619	0.564
광주	0.263	0.291	0.277	0.549	0.442	0.474	0.330	0.276	0.292
대전	0.360	0.387	0.373	0.569	0.510	0.514	0.377	0.314	0.340
울산	0.000	0.124	0.062	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
춘천시	0.366	0.511	0.438	0.555	0.747	0.625	0.522	0.710	0.620
원주시	0.416	0.503	0.459	0.381	0.594	0.429	0.429	0.760	0.591
강릉시	0.448	0.815	0.632	0.555	0.667	0.604	0.000	0.797	0.272
동해시	0.653	0.919	0.786	0.862	0.984	0.947	0.815	0.893	0.763
태백시	0.555	0.484	0.520	0.657	0.774	0.701	0.744	0.846	0.756
속초시	0.398	0.559	0.479	0.624	0.900	0.774	0.560	0.695	0.588
삼척시	0.819	0.854	0.836	0.885	0.979	0.886	0.637	0.870	0.703
포항	0.000	0.662	0.331	0.000	0.702	0.387	0.190	0.674	0.521
경주시	0.510	0.392	0.451	0.405	0.522	0.366	0.633	0.450	0.491
김천시	0.515	0.693	0.604	0.450	0.929	0.639	0.512	0.697	0.622
안동시	0.573	0.525	0.549	0.674	0.828	0.751	0.658	0.621	0.607
구미시	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
영주시	0.503	0.577	0.540	0.723	0.873	0.801	0.617	0.632	0.594
영천시	0.617	0.673	0.645	0.622	0.920	0.663	0.737	0.730	0.679
상주시	0.495	0.664	0.580	0.554	0.851	0.694	0.645	0.733	0.630
문경시	0.521	0.633	0.577	0.593	0.791	0.686	0.646	0.745	0.600
경산시	0.303	0.387	0.345	0.212	0.460	0.325	0.330	0.469	0.412
창원시	0.005	0.124	0.065	0.101	0.150	0.140	0.000	0.035	0.016
마산시	0.189	0.410	0.299	0.184	0.364	0.287	0.118	0.331	0.245
진주시	0.441	0.542	0.492	0.728	0.722	0.695	0.510	0.506	0.536
진해시	0.372	0.393	0.382	0.492	0.317	0.330	0.344	0.283	0.264
통영시	0.443	0.391	0.417	0.552	0.648	0.593	0.493	0.410	0.432
사천시	0.419	0.375	0.397	0.587	0.619	0.442	0.472	0.365	0.347
김해시	0.224	0.392	0.308	0.269	0.291	0.220	0.253	0.303	0.297
밀양시	0.341	0.549	0.445	0.385	0.636	0.574	0.406	0.592	0.522
거제시	0.000	0.148	0.074	0.058	0.342	0.230	0.004	0.138	0.053
양산시	0.411	0.507	0.459	0.350	0.460	0.385	0.457	0.419	0.434
비수도권	0.374	0.485	0.430	0.473	0.617	0.523	0.427	0.514	0.446
전체평균	0.234	0.358	0.296	0.381	0.505	0.422	0.344	0.429	0.378

능한 성장의 관점에서는 바람직하지 않은 도시들이라고 할 수 있다. 2005년의 경우에도 각 도시의 잠재가격은 크게 상승하였다. 이러한 전반적인 각 도시의 잠재가격의 상승은 상대적으로 강화된 환경규제의 영향이 큰 것으로 판단된다. 질산화물 기준으로 2005년에 높은 잠재가격을 보인 도시들로는 파주, 하남, 남양주, 동두천, 의정부시 등이다. 전체적으로 1999-2005년간 질산화물 기준 잠재가격에서 높은 도시들은 하남, 파주, 동두천, 고양, 남양주 등 산업구조가 오염집약적인 제조업이 별로 없는 도시들로 나타났다. 반면에 평택, 안산, 오산, 이천시 등의 잠재가격

이 가장 낮게 나타났다. 특히 안산, 오산, 이천 등은 생산가능영역의 우하향하는 영역에 위치하여 오염의 잠재가격이 거의 0인 도시들이다. 즉, 오염의 추가적인 저감비용이 0이다. 이들 도시는 지역내 총생산을 증가시키면서 동시에 과도한 질산화물 배출을 효과적으로 억제하기 위한 방안들이 적극적으로 모색되어야 할 것이다.

다음으로 수도권 도시의 황산화물 잠재가격은 1999-2005년 연평균 0.318이다. 즉, 황산화물 배출량 1단위를 저감하려면 평균적으로 산출량을 0.318 단위 포기해야 한다는 것이다. 황산화물의 잠재가격

표 4. 수도권도시의 오염물의 잠재가격

	NOx			SOx			PM10		
	1999	2005	평균	1999	2005	평균	1999	2005	평균
서울	1,036	1,227	0,932	0,322	1,301	0,558	1,043	0,852	0,728
인천	0,721	1,078	1,280	0,108	0,287	0,329	0,848	1,685	1,487
수원	0,265	0,265	0,233	0,024	0,071	0,074	0,280	0,711	0,380
성남	0,551	1,184	0,923	0,082	0,769	0,188	0,632	1,065	1,000
의정부시	0,548	2,105	1,329	0,068	0,503	0,256	0,419	1,282	1,029
안양시	-0,255	0,749	0,746	0,101	0,054	0,135	0,354	0,765	0,681
부천	-0,194	0,490	0,416	0,008	0,037	-0,122	0,266	0,791	0,695
광명	0,268	0,853	1,007	0,086	0,101	0,319	0,190	1,145	0,774
평택시	0,453	0,282	0,009	0,098	0,246	0,182	0,140	0,944	0,610
동두천	0,666	2,199	1,579	0,129	0,762	0,546	0,951	1,815	1,209
안산	-0,082	-0,256	-0,132	0,000	0,133	0,225	0,301	0,182	0,104
고양	0,915	1,850	1,575	0,406	1,161	0,539	0,943	1,432	1,427
과천	0,283	1,056	0,787	0,021	0,317	0,160	0,241	0,537	0,611
구리	0,444	1,110	0,845	0,066	0,326	0,045	0,343	0,976	0,798
남양주	0,848	2,388	1,535	0,762	2,078	1,280	0,696	2,394	1,508
오산시	-0,196	-0,330	-0,161	-0,462	-0,402	-0,180	-0,021	-0,154	0,063
시흥	0,374	0,356	0,231	0,073	0,414	0,321	0,337	0,418	0,430
군포	0,503	1,096	1,113	0,025	0,060	-0,005	0,340	0,670	0,728
의왕시	0,445	1,018	1,249	0,563	0,784	0,574	0,252	1,301	1,104
하남시	0,891	2,487	1,977	0,253	1,456	0,778	0,757	1,733	1,598
용인시	0,257	0,000	0,285	0,025	0,000	0,024	0,031	0,470	0,425
파주시	0,698	2,595	1,712	0,816	1,834	1,044	0,512	2,602	1,545
이천시	0,188	-0,154	-0,049	0,034	-0,018	-0,045	0,127	-0,047	0,017
안성시	0,493	1,191	0,410	0,357	0,924	0,342	0,086	1,052	0,341
김포	0,654	1,545	1,322	0,374	1,327	0,392	0,518	1,500	1,117
수도권	0,431	1,055	0,846	0,174	0,581	0,318	0,423	1,045	0,816

표 5. 비수도권도시의 오염물의 잠재가격

	NOx			SOx			PM10		
	1999	2005	평균	1999	2005	평균	1999	2005	평균
부산	1,001	2,484	1,937	0,169	0,580	0,509	1,158	1,865	1,604
대구	1,041	2,900	2,122	0,227	0,862	0,551	0,767	2,354	1,767
광주	0,845	1,821	1,519	0,419	1,605	0,883	0,604	1,466	1,146
대전	0,794	2,037	1,758	0,124	0,774	0,421	0,892	1,566	1,248
울산	-0,268	-0,246	-0,170	-0,251	-0,320	-0,240	-0,088	-0,325	-0,519
춘천시	0,852	1,337	1,508	0,134	0,242	0,228	0,549	0,678	0,769
원주시	-0,124	0,661	0,370	0,095	0,368	0,148	-0,039	0,032	-0,070
강릉시	-0,756	-1,187	-0,933	-0,441	0,292	0,012	-0,669	-0,088	-0,697
동해시	0,481	-1,940	-0,917	-1,000	-1,000	-0,769	0,244	0,545	0,675
태백시	0,350	1,463	1,023	0,149	0,467	0,209	-0,026	0,165	0,149
속초시	0,648	1,971	1,654	0,191	0,574	0,373	0,459	1,434	1,252
삼척시	-1,704	0,042	-1,304	-0,162	0,151	-0,414	0,407	0,648	0,489
포항	-0,551	-0,491	-0,504	-0,612	0,000	-0,571	-0,074	-0,317	-0,475
경주시	0,162	1,469	1,129	0,112	0,096	0,280	0,034	1,189	0,932
김천시	0,001	0,758	0,337	0,135	0,549	0,659	0,083	1,021	0,527
안동시	0,933	3,049	2,259	0,527	1,403	0,840	0,758	2,815	1,918
구미시	-0,089	0,000	0,242	0,000	0,000	0,190	0,228	0,597	0,566
영주시	0,848	2,540	1,802	0,199	1,145	0,662	0,589	2,278	1,490
영천시	0,449	1,385	0,755	0,132	0,848	0,434	0,191	1,363	0,692
상주시	0,832	1,530	1,329	0,924	1,117	0,893	0,607	1,413	1,045
문경시	0,877	2,119	1,826	0,997	1,604	0,940	0,769	1,681	1,502
경산시	-0,021	1,103	0,796	0,055	0,161	0,201	-0,021	0,776	0,603
창원시	0,334	0,993	0,836	0,058	0,096	0,075	0,152	0,650	0,529
마산시	-0,029	0,153	0,072	0,079	0,314	0,260	0,313	0,688	0,611
진주시	0,845	1,726	1,637	0,180	0,407	0,246	0,733	1,627	1,483
진해시	0,341	0,453	0,384	-0,001	0,143	0,076	0,400	0,868	0,774
통영시	0,590	1,791	1,550	0,155	0,256	0,399	0,444	1,178	1,136
사천시	0,768	1,817	1,250	0,121	0,197	0,196	0,783	1,219	1,099
김해시	0,520	0,525	0,515	0,115	0,077	0,040	0,350	0,909	0,739
밀양시	0,513	1,718	0,821	0,449	1,444	0,610	0,304	1,589	0,765
거제시	0,194	1,174	0,912	0,105	0,204	0,240	0,367	0,768	0,635
양산시	-0,043	0,563	0,638	0,134	0,075	0,141	-0,020	1,153	0,857
비수도권	0,332	1,116	0,848	0,110	0,460	0,272	0,352	1,056	0,789
평균	0,377	1,089	0,847	0,138	0,513	0,293	0,383	1,051	0,801

은 환경규제의 강화로 1999년 이후 2005년까지 꾸준히 증가하는 추세를 보여준다. 황산화물의 잠재가격이 높은 도시들은 남양주, 파주, 하남 등이 가장 앞서고 다음으로 서울, 동두천, 의왕, 고양시 등이다. 이들 서울의 위성도시들은 환경규제도 강하지만 다른

투입과 산출물에 비하여 황산화물의 배출이 적은 산업위주로 구성되어 있기 때문으로 보인다. 반대로 황산화물의 잠재가격이 낮은 도시로는 수원, 부천, 구리, 오산, 군포, 용인, 이천시 등이다. 특히 부천, 오산, 군포, 이천시 등은 그 값이 음(-)으로서 생산가능

곡선의 잠재가격이 감소하는 우하향하는 영역에 속하고 있어서 다른 도시에 비하여 비슷한 산출량에 비하여 상대적으로 과다한 황산화물을 배출하고 있는 도시이다. 만약 수도권에서 오염물을 효과적으로 적은 비용에 저감하려면 우선적으로 이들 도시들에 대한 황산화물 배출량을 억제할 필요가 있다. 왜냐하면 이들 도시는 적은 비용으로 많은 황산화물 배출량을 줄이기에 유리하기 때문이다.

수도권의 도시의 PM10 배출량에 대한 잠재가격은 1999-2005년 평균 0.816이다. 즉, PM10 한 단위를 추가적으로 저감하기 위해서 포기해야하는 추가적인 산출량은 0.816 단위이다. 1999년 PM10의 잠재가격 평균 0.423이었으나 전반적인 환경규제의 강화와 저오염배출 산업으로의 구조전환 등으로 2005년 잠재가격은 1.045로 크게 증가하였다. PM10의 도시별 잠재가격의 수준은 질산화물 잠재가격에 대한 도시별 수준과 거의 흡사하다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 PM10과 질산화물 배출량은 주로 자동차와 같은 이동오염원에서 배출되므로 비슷한 잠재가격의 패턴을 보여준 것으로 판단된다. PM10 잠재가격이 높은 도시는 하남, 남양주, 파주, 인천, 고양, 동두천시 등 질산화물 잠재가격이 높았던 도시들이다. 반면 PM10 잠재가격이 낮은 도시로는 안산, 오산, 이천 등이 속한다. 잠재가격이 낮은 이 도시들은 같은 투입과 산출 조건에서 상대적으로 PM10 배출이 많음을 의미하므로 이들 도시를 대상으로 우선 오염을 저감하는 것이 비용면에서 효과적이다.

한편, 표 5는 비수도권의 세가지 오염물의 잠재가격을 보여준다. 첫째, 질산화물의 잠재가격의 평균은 1999년 0.332, 2005년 1.116으로 1999-2005년간 평균은 0.848이다. 즉, 비수도권 도시는 평균적으로 질산화물 한단위의 추가 저감에 산출량 0.848단위가 필요하다. 도시별로 질산화물 잠재가격이 높은 곳은 부산을 비롯한 광역시와 안동, 영주, 문경, 진주, 속초시 등이다. 이들 중 부산을 비롯한 광역시는 많은 교통량을 가지고 있음에도 불구하고 상대적으로 질산화물에 대한 환경규제가 강한테 기인한 것으로 보이

고 여타 도시들은 산업구조가 농업과 서비스위주로 구성되어 있기 때문으로 보인다. 반면에 질산화물 잠재가격이 낮은 도시로는 울산, 강릉, 동해, 삼척, 포항, 구미, 마산시 등을 들 수 있다. 이들 도시 중 울산, 구미, 마산, 포항 등은 대규모 공업단지를 보유하거나 접하고 있는 곳으로서 질산화물 배출량이 상대적으로 많은데 그 원인이 있고 그 외 강릉과 동해 등은 GRDP는 높지 않으면서 이동오염원이 많아서 질산화물 배출량이 높는데 원인이 있다고 판단된다.<sup>16)</sup> 따라서 도시차원에서 전체적으로 질산화물을 저감할 경우 잠재가격이 보다 낮은 도시의 오염량을 저감하는 것이 효과적이다. 이들 도시에서 생산활동을 할 경우 환경적 관점에서 비용이 적게 소요되므로 유리하다고 볼 수 있다.

다음으로 비수도권의 황산화물 잠재가격은 1999년 평균 0.110이고 2005년 평균 0.460으로서 1999-2005년간 황산화물 잠재가격 평균은 0.272이다. 동기간 황산화물 1단위의 기회비용은 산출량 0.272단위이다. 즉, 생산활동에서 산출량 0.272 단위와 황산화물 1단위는 같은 가치를 지닌다. 비수도권의 황산화물의 잠재가격이 높은 도시에는 문경, 안동, 상주, 김천, 영주, 광주, 대구, 부산 등이 속한다. 반면 잠재가격이 가장 낮은 도시에는 울산, 강릉, 동해, 삼척, 포항, 창원, 진해, 김해시 등이 속한다. 약간의 차이는 있지만 잠재가격이 높고 낮은 것은 유사하게 환경규제와 산업구조의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 마지막으로 비수도권의 PM10의 잠재가격은 1999년 평균 0.352, 2005년 1.056으로 1999-2005년 평균 0.789 수준이다. PM10의 잠재가격이 높은 도시는 질산화물 잠재가격과 유사하게 부산을 비롯한 광역시와 안동, 문경, 영주, 진주시 등이 속한다. 반면 잠재가격이 낮은 도시로는 울산, 원주, 강릉, 포항 등이다. 이들 도시는 대규모 공업단지가 있거나 이동오염원 등으로 PM10 배출이 많이 일어났다.

전체적으로 수도권 도시와 비수도권 도시를 비교하면 질산화물의 잠재가격은 비슷한 반면 황산화물과 PM10의 잠재가격은 수도권 도시가 더 높다. 질산

화물 배출량은 수도권과 비수도권에 무관하게 교통 수단과 관련된 이동오염원이 전국적으로 증가하고 있기 때문에 큰 차이가 나타나지 않은 것으로 보인다. 반면에 다른 두 오염물에서는 수도권 도시가 서울에 인접하고 있으므로 환경규제를 더 강하게 받고 산업구조도 비수도권에 비하여 상대적으로 덜 오염 집약적인 업종으로 구성되어 있기에 이들 오염물의 잠재가격이 높게 나타난 것으로 보인다. 따라서 추가적인 환경규제로 인한 추가 오염저감비용을 고려한다면 환경을 고려한 생산물의 가격경쟁력은 대체로 비수도권 도시가 유리할 것으로 보이고 오염의 추가적인 저감 역시 비수도권 도시에서 추가비용부담이 적게 소요될 것으로 나타나고 있다.<sup>17)</sup> 다만 수도권과 비수도권 도시 중 생산가능영역의 우하향 영역에 위치한 도시들은 다른 비슷한 수준의 도시에 비하여 비슷한 GRDP에 비하여 과도한 오염물을 배출하고 있으므로 지속가능한 성장의 관점에서 이들 도시는 바람직하지 않다. 향후 이들 도시의 오염량을 우선적으로 저감하기 위한 방안들이 마련될 필요가 있다. 그런데 이처럼 지역내총생산은 적으면서 오염배출량은 많은 비효율적인 경제구조는 전반적인 산업구조의 변화와 도시의 에너지 소비패턴, 생활공간의 배치에 대한 재검토 등 다각적인 관점에서 그 원인과 대책을 마련해야 할 것으로 보인다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 한국도시의 오염물별 효율성과 잠재가격을 측정함으로써 오염처리 부담이 높고 낮은 도시를 살펴보았다. 특히 수도권에 속한 도시와 비수도권에 속한 도시 간에 차이가 있는지를 보기 위하여 이를 두 권역으로 나누었다. 도시별 오염물의 잠재가격은 개별 도시가 환경규제로 인하여 받게 되는 경제성장의 추가적인 비용을 의미하게 되므로 도시의 오염처리의 경제적 부담의 정도를 보여준다. 1999-

2005년간 세 오염물을 기준으로 한 효율성에서 모두 수도권 도시의 효율성이 비수도권 도시보다 높다. 그 중에서도 황산화물 배출량 기준 효율성에서 더 큰 차이가 나고 있다. 이는 주로 수도권에 서비스업과 첨단 산업이 보다 집중되고 수도권 도시에 대한 청정연료 사용이 상대적으로 증가하며 수도권 지역의 제조공장 증설에 대한 규제가 더 강한 데에 그 원인이 있을 수 있다. 수도권 도시에서 세 가지 오염배출량에 따라서 다소 차이는 있지만 효율성이 높은 도시는 용인, 서울, 과천, 이천 등이고 가장 낮은 도시는 하남, 인천, 고양, 남양주, 동두천 등이다. 비수도권에서 효율성이 높은 도시는 울산, 구미, 창원, 거제시 등 주로 공업단지를 포함한 도시가 높고 반면 삼척, 동해, 강릉시 등 강원도에 위치한 도시들이 주로 낮았다.

1999-2005년간 세 가지 오염배출량의 잠재가격을 기준으로 볼 때 수도권 도시의 연평균 잠재가격은 질산화물 0.846, 황산화물 0.318, PM10 0.816으로 나타났다. 세 가지 오염물 별로 잠재가격이 높고 낮은 것은 다소 차이가 있지만 대체로 오염물의 잠재가격이 높은 도시는 하남, 파주, 동두천, 고양, 남양주, 서울 등이고 잠재가격이 낮은 도시로는 안산, 오산, 이천, 부천, 구리시를 들 수 있다. 동 기간 비수도권의 세 가지 오염잠재가격은 연평균 0.848, 0.272, 0.789로 나타났다. 대체로 세 가지 오염물의 잠재가격이 높은 도시는 부산 등 광역시와 문경, 안동, 영주, 진주, 통영, 경주 등이 속하고 반면 잠재가격이 낮은 도시에는 울산, 강릉, 동해, 삼척, 포항, 창원, 진해, 김해시 등이 속한다. 전체적으로 수도권 도시와 비수도권 도시를 비교하면 질산화물의 잠재가격은 비슷한 반면 황산화물과 PM10의 잠재가격은 수도권 도시가 더 높다. 질산화물 배출량은 교통수단과 관련된 이동오염원이 전국적으로 증가하고 있기 때문에 두 권역 간에 큰 차이가 나타나지 않은 것으로 보인다. 반면에 다른 두 오염물에서는 수도권 도시가 서울에 인접하고 있으므로 환경규제를 더 강하게 받고 산업구조도 비수도권에 비하여 상대적으로 덜 오염 집약적인 업종으로 구성되어 있기에 이들 오염물의 잠재가격

이 높게 나타난 것으로 보인다.

추가적인 환경규제로 인한 추가 오염저감비용을 고려한다면 환경을 고려한 생산물의 가격경쟁력은 대체로 비수도권 도시가 유리할 것으로 보이고 오염의 추가적인 저감 역시 비수도권 도시에서 추가비용 부담이 적게 소요될 것이다. 하지만 지속가능한 관점에서 비수도권의 도시들이 바람직한 것은 아니다. 왜냐하면 수도권에 비하여 동일 산출량 생산에 오염배출량을 많이 배출하는 생산활동을 하고 있기 때문이다. 이는 지속가능한 성장관점에서는 바람직하지 않으므로 단위 산출량 생산에 오염물 배출을 줄이는 도시의 생산활동의 전환이 필요하다. 특히 수도권과 비수도권 도시 중 생산가능영역의 우하향 영역에 위치한 도시들은 다른 비슷한 수준의 도시에 비하여 비슷한 GRDP에 비하여 과도한 오염물을 배출하고 있으므로 지속가능한 성장의 관점에서 이들 도시의 오염량을 우선적으로 저감하기 위한 방안들이 마련될 필요가 있다. 그런데 이처럼 지역내총생산은 적으면서 오염배출량은 많은 비효율적인 경제구조는 전반적인 산업구조의 변화와 도시의 에너지 소비패턴, 생활공간의 배치에 대한 재검토 등 다각적인 관점에서 그 원인과 대책을 마련해야 할 것으로 보인다.

이 처럼 지역내 총생산의 향상과 오염물 저감을 동시에 달성해야하는 지속가능한 성장이란 관점에서 보다 유리한 도시도 있고 그렇지 못한 도시도 있다. 지역내 총생산도 높고 오염물 배출량도 효과적으로 저감하는 도시들은 인구가 밀집된 서울과 광역시 등이거나 수도권 인접도시들이 대부분이다. 그 외 도시들의 경우, 지역내총생산은 크게 높지 않으면서 오염배출량은 많거나 두 가지 모두 상대적으로 낮은 도시, 특히 강원도에 속한 도시 등으로 나타나고 있다. 앞으로 이들 도시의 유형에 따라서 지속가능한 성장의 패턴과 전략도 도시별 상황에 맞게 그 원인분석과 대책마련이 이루어질 때 도시별 특성에 적합한 지속적 성장과 삶의 질 개선이 가능할 것이다. 지금과 같이 일반적인 저탄소녹색성장의 일률적 시행도 좋지 만 지역의 도시별 상황을 정확히 파악한 연후에 도시

성장을 위한 산업전략과 오염저감책, 경제와 환경에 부합하는 성장전략 등이 모색되어야 할 것으로 보인다.

## 주

- 1) 이론적으로 국가 전체적으로 일정한 목표량을 추가적으로 저감할 경우, 오염의 잠재가격이 낮은 도시로 하여금 많은 오염량을 처리토록 하는 것이 처리비용을 절감할 수 있다.
- 2) 도시라는 동일집단을 대상으로 모집단을 설정하고 상호 효율성을 비교하는 것은 많은 기존 연구에서 시도해 오고 있다. 뿐만 아니라 산업구조가 다르고 이질적인 특성을 지닌 국가 간에도 이러한 기법을 사용하여 효율성을 비교한 예는 수 없이 많이 존재한다.
- 3) 일반적으로 서울, 경기, 인천 지역을 수도권으로 그 나머지 지역을 비수도권으로 분류한다. 본 연구는 수도권과 비수도권 도시에 초점을 맞춘다.
- 4) 한계저감비용을 추정하는 방식에는 비용함수 접근과 거리함수접근법이 있다. 대표적으로 Gallop and Roberts (1985)는 비용함수를 배출량으로 편미분하여 오염물의 한계저감비용을 추정한 바 있다. 그러나 비용함수에 기초한 한계비용은 부정확한 추정치를 줄 수 있다. 본 연구와 같은 거리함수법의 장점은 비용최소화의 가정을 할 필요가 없고 투입물 가격과 환경규제에 대한 정보없이 생산활동 상에서 바로 추정될 수 있다.
- 5) Shephard's Lemma란 임의의 함수가 포함된 변수로 미분 가능하면 항상 함수값을 최적화하는 유일한 해를 얻을 수 있다는 것이다.
- 6) Shephard(1970)에 따르면 함축된 기술이 모든 생산요소에 대해 볼록한 산출물 집합을 가정할 경우 수입함수와 거리함수 간에 쌍대성이 성립한다.
- 7) 그러나 오염물의 잠재가격이 오염감소의 사회적 한계편익과 반드시 일치하지는 않는다. 왜냐하면 생산상의 오염물의 잠재가격은 오염처리의 생산의 암묵적 비용을 반영하지만 오염의 사회적 피해를 고려하지 않기 때문이다.
- 8) 즉,  $F(\lambda x) = \lambda F(x)$ ,  $\lambda > 0$ 을 의미한다. 본 연구의 관심사항은 규모의 경제가 아니고 상이한 규모경제에 따른 차이는

- 고려하지 않는다. 규모일정 불변, 가변규모, 비체중규모 등 규모경제의 형태의 조건은 Färe, Grosskopf, Norris, and Zhang(1994)를 참조바란다.
- 9) 여기서 생산의 자유처분은 규제에 의한 생산활동에 추가적 비용이 발생하지 않음을 의미한다.
- 10) 『국부통계조사보고서』에서 행정구역단위별 자본스톡은 광역시·도 단위까지만 집계되어 있다. 도시별 자본스톡을 구하기 위해서는 시·도 단위의 자료를 도시수준에 맞춰 할당했다. 이를 위해 1차 산업은 경지면적을 기준으로, 2차 산업은 광공업통계의 유형고정자산의 크기를 기준으로 할당하였다. 3차 산업의 경우 일부 산업은 통계청이 제공하는 사업장면적을 기준으로 할당하였다.(변창흠, 2000) 그 외의 산업은 종사자수를 기준으로 할당하였다.
- 11) NOx은 공기중의 질소나 연료에 포함된 질소가 산화되어 생기는 오염물질로서 일반 제조공장, 발전소 뿐만 아니라 특히 운행중인 차량에서 많이 발생한다. SOx는 화석연료가 연소하면서 발생하는 오염물질로서 대기오염을 시켜서 사람과 동식물에 오염피해를 준다. PM10은 공기중에 있는 미세먼지를 말하는 것으로 주로 자동차, 공장, 건설현장 등 다양한 이동오염원과 고정오염원으로부터 발생한다.
- 12) 광역시 가운데 인천이 단위 산출량당 질산화물 배출량이 가장 높다.
- 13) 울산은 울산공업단지가 위치하여 GRDP가 아주 높아서 환경을 제외할 경우 효율성이 가장 높은 도시이고 구미와 창원 역시 공단이 위치하고 있으며 거제시에도 세계제1의 조선소가 위치하여 투입과 산출 및 오염배출량을 대비시킬 경우 이들 도시가 높은 효율성을 보이는 것은 쉽게 이해될 수 있다.
- 14) 즉, 환경규제가 강하면 오염량을 많이 저감해야 하므로 오염의 잠재가격이 높게 나타난다. 만약 산업구조가 오염집약적일 경우 환경규제가 동일하게 강하더라도 대체로 오염배출량이 많이 배출될 것이므로 오염의 잠재가격은 낮게 나타날 것이다. 도시의 경우 서울과 광역시를 제외하고는 여타 도시들의 환경규제는 거의 비슷한 수준으로 볼 수 있고 광역시도 그 차이는 크지 않을 것으로 본다. 오염의 잠재가격은 주로 그 도시의 산업형태에 영향을 받는 배출량 수준에 많이 의존한다고 볼 수 있다.

- 15) 이는 경제활동이 확대됨에 따라서 수도권 도시의 질산화물 배출량이 크게 증가하였지만 지역내 총생산과 투입요소는 더 크게 증가한 것으로 추정된다.
- 16) 57개 도시 중 강릉, 동해, 삼척시는 단위 산출량당 질산화물 배출량이 가장 높다.
- 17) 비용이 적게 소요되는 비수도권에 추가 오염저감을 언급한 것은 추가적으로 일정 감축량을 줄일 경우 개별 도시의 관점에서 보다는 모든 도시를 포함한 국가 전체 차원에서 유용한 방향을 제시한 것이다. 개별 도시 차원에서 보면 당연히 수도권 도시에서도 추가적으로 오염량을 지속적으로 저감해 나가야 할 것이고 이에 대비한 정책들이 필요할 것이다.

## 참고문헌

- 강상목, 2005, “중국환경규제와 지역별 효과분석,” 국제지역연구 9(3), pp.714-734.
- 권용우·유환중, 2005, “한국의 도시체계변화와 도시관리 방향”, 지리학연구 39(1), pp.149-159.
- 변창흠, 2000, “사회간접자본의 공간적 분포특성 및 지역개발효과에 관한 연구,” 서울대학교 환경대학원 박사학위논문.
- 안건혁, 1997, “자족적 신도시의 적정규모에 관한 연구”, 국토계획 34(4), pp.41-55.
- 이광수·이민환, 1996, “환경을 고려한 지역경제의 성장평가”, 환경경제연구 5(1), pp.143-188.
- 이명현, 2007, “거리함수접근법을 이용한 Porter 가설에 대한 연구,” 자원·환경경제연구 16(1), pp.171-197.
- 이명현 외, 2008, “한국과 중국의 제조업 산업별 효율성, 자본과 SO<sub>2</sub>의 암묵가격,” 국제경제연구14(1), pp.29-47.
- 정영근 외, 2008, “OECD국가의 환경-경제효율성 비교, 자원·환경경제연구 17(1), pp.121-146.
- Chamber, R. G., Chung Y., and R. Färe, 1998, “Profit, Directional Distance Function, and Nerlovian Efficiency,” *Journal of Optimization Theory and Application* 98(2), pp. 351-364.
- Coggins, J. S. and J. R. Swinton, 1996, “The Price of Pollution: A Dual Approach to Valuing SO<sub>2</sub> Allowance,” *Journal of Environmental Economics*



- and Management* 30, pp.58-320.
- Duffy-Deno, T. Kevin, 1992, "Pollution Abatement Expenditures and Regional Manufacturing Activity," *Journal of Regional Science* 32, pp.419-436.
- Färe, R., Grosskopf, S., C. A. K. Lovell and S. Yaisawarng, 1993, "Derivation of Shadow Prices for Undesirable Outputs: A Distance Function Approach," *Review of Economics and Statistics* 75, pp.374-380.
- Färe, R. and S. Grosskopf, 2001, "Accounting for Air Pollution Emission on Measures of State Manufacturing Productivities Growth," *Journal of Regional Science* 41(3), pp.381-409.
- Färe, R. Grosskopf, S. and W. Weber. 2005, "Shadow Prices and Pollution Costs in U.S. Agriculture," *Ecological Economics* 56(1), pp.89-103.
- Grossman G. and A. Krueger, 1995, "Economic Growth and Environment," *Quarterly Journal of Economics* 110(2), pp. 353-377.
- Lee, Myunghun, 2005, "The Shadow Price of Substitutable Sulfur in the US Power Plant :A Distance Function Approach," *Journal of Environment Management* 77, pp.104-110,
- Martinez, E. R., Tadeo A. P., and F. H. Sancho, 2001, "The Calculation of Shadow Prices for Industrial Wastes using Distance Functions: an Analysis for Spanish Ceramic Pavements firms," *International Journal of Production Economics* 69, pp.277-285.
- Repetto, R., 1995, "Jobs, Competitiveness and Environmental Regulation: What are the Real Issues?," World Resource Institute, Washington, DC..
- 교신: 강상목, 609-735, 부산광역시 금정구 장전동 산30번지 부산대학교 상과대학, 전화: 051-510-2586, 팩스: 051-581-3143, 이메일: smkang@pusan.ac.kr
- Correspondence: Kang, Sangmok, 609-735, 30 Jangjeon-dong, Geumjeong-gu, Busan, Department of Economics, Pusan National University, Tel: +82-51-510-2586, Fax: +82-51-581-3143, e-mail: smkang@pusan.ac.kr

최초투고일 2010년 5월 10일  
최종접수일 2010년 7월 22일

*Journal of the Economic Geographical Society of Korea*  
*Vol.13, No.3, 2010(398~415)*

## **Comparison of Environmental Efficiencies and Shadow Prices of Pollutants in Korean Cities**

Sangmok Kang\*

**Abstract** : The purpose of this paper is to grasp levels of cost burden in pollution treatment by measuring efficiencies and shadow prices by pollutants in Korean cities. The efficiencies and shadow prices of pollutants will be compared for cities divided by Seoul metropolitan area and non-Seoul metropolitan area. Annual shadow prices of NOx, SOx, and PM10 emissions in the cities of Seoul metropolitan area are 0.846, 0.318, 0.816, respectively for 1999-2005. The annual shadow prices in the cities of Non-Seoul metropolitan area are 0.848, 0.272, and 0.789, respectively over the same periods. The shadow prices of SOx showed similar levels between two areas but those of NOx and PM10 of cities in Seoul metropolitan area were higher. NOx emission quantities of both areas have similar increasing patterns because the NOx has mainly increased with augmentation of transportation regardless of Seoul metropolitan and non-Seoul metropolitan areas. It seems that the reason the shadow prices of two pollutants for the cities of Seoul metropolitan area are higher, is because environmental regulation is stronger in the cities of Seoul metropolitan area, the cities of Seoul metropolitan relatively show higher quantities of pollution reduction under given desirable outputs, and generally have industrial sectors with small pollution emission. In the future we need to reduce pollutants in the various respects such as adjustment of overall industry structure, energy consumption pattern, and reviews of arrangement of living space for the cities located on the downward-sloping segment of production frontier.

**Keywords** : Korean cities, environmental efficiencies, shadow prices

---

\* Professor, Department of Economics, Pusan National University