

이산화질소 배출에 의한 대기오염의 사회적 비용

조준모* · 유완식**

〈目 次〉

- | | |
|--------------------|----------------|
| I. 서 론 | IV. 사회적 비용의 계산 |
| II. 대기오염물질과 건강 | V. 결 론 |
| III. 호흡기질환의 반응도 분석 | |

요 약

본 연구는 대기오염물질인 이산화질소와 인체의 호흡기질환과의 반응도를 실증분석하고, 이 반응도를 이용해 이산화질소의 대기오염으로 인한 사회적 비용을 계산하는 것이다. 사람들이 대기오염에 노출되었을 때 발생하는 질환의 피해를 측정하기 위하여 손실함수(damage function)를 설정하고, 이를 회귀분석기법(regression technique)을 이용해 추정한 결과 이산화질소는 호흡기질환에 상당히

* 숭실대 경제학과 교수

** 숭실대 경영경제전략연구소 연구원

유의적인 영향을 미쳤고, 1994년 한해 동안 배출된 이산화질소량이 발생시킨 사회적 비용은 약 8조 2천 억원이었다.

I. 서론

대기환경정책의 수립은 오염배출원에 대한 정확한 실태조사와 더불어 인체의 건강 위해성을 고려하여 기준치가 설정되어야 한다. 이러한 환경기준하에서 오염에 대한 환경규제정책을 수립하고 집행할 때 경제적 타당성을 갖게 된다. 그러나 우리나라의 경우는 환경법에 국민의 쾌적한 생활을 유지하기 위한 것이라고 막연하게 규정함으로써 현재의 대기오염에 대한 기준치가 적절한지 의문스럽다. 환경에 대한 기준치는 그 나라의 인구, 국토면적, 경제발전, 정책입안자의 환경에 대한 인식 등에 따라 차이가 난다. 그러나 우리나라의 대기환경기준은 선진 제국의 혼합형으로 우리의 환경 및 경제여건을 고려하고 있다고 보기는 어렵다. 지형조건과 기상조건 등 대기오염물질의 확산에 불리한 여건을 가지고 있는 우리나라의 경우 선진 제국의 기준이 반드시 적절하다고 보기도 어렵다.

대도시 지역의 대기질은 정부의 대기환경 개선을 위한 청정연료의 보급, 환경기준의 강화 등으로 어느 정도 성과를 얻고는 있지만 울산, 온산 등 공단지역의 오염악화, 이산화질소와 오존의 점차적인 증가추세, 대도시에서 단기적으로 대기환경기준치를 초과하는 등 국민의 체감 오염도가 높아지고 있으며 이로 인한 피해비용도 점점 증가되고 있다. 더욱이 현재와 같은 추세로 경제성장과 인구증가가 예상된다면 자동차의 급증, 에너지 사용량의 증가 등으로 21세기에는 유해한 대기오염물질로 인한 피해가 더욱 증가될 것이다.

우리나라의 대기오염 관리제도는 대기환경보전법이 1990년에 제정되기는 했지만 짧은 기간에 많은 환경규제기준을 수립해 온 결과 대기오염의 기준치에 대한 설정 근거 및 배경에 있어 이론적 타당성 및 실증적인 연구가 부족하다. 따라서 본 연구는 대기오염물질인 이산화질소 배출량에 의해 유발된 사회적 비용을 추산해 봄으로

서 사람들이 체감으로 느끼는 대기오염의 심각성과 대기환경규제정책의 이론적 배경을 제시하고자 하는 것이다.

본 연구의 구성은 다음과 같다. 먼저 II장에서 대기를 오염시키는 물질들을 살펴 보고, 이들이 인체의 건강에 미치는 영향을 조사한다. III장에서는 이산화질소 배출량과 호흡기질환과의 반응도를 실증분석하고, IV장에서는 반응도를 이용하여 사회적 비용을 계산한다. 그리고 마지막 V장에서는 사회적 비용의 분석 결과에 따른 시사점과 한계점을 논한다.

II. 대기오염물질과 건강

1. 대기오염물질의 종류

대기오염물질의 종류 중 주요 관심의 대상이 되는 기준오염물질로는 황산화물(SO_x), 질소산화물(NO_x), 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 분진(TSP), 오존(O₃) 등이 있다. 그러나 최근에는 대기 중에 그 존재는 미량이지만 인체에 장기적으로 위협한 아세트알데히드(Acetaldehyde), 벤젠(Benzene), 1,3-부타디엔(Butadiene), 포름알데히드(Formaldehyde), 다핵방향족 화합물, 카드뮴(Cadmium), 니켈(Nickel), 다이옥신(Dioxins), 입자상 물질 등 상당량이 존재하는 데 이들은 인체에 치명적인 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.¹⁾

대기오염물질들이 다양하고, 이들이 인체에 위한 효과도 장단기에 걸쳐 발생하기 때문에 인체 및 동식물에 위한 대기오염물질들도 종합적으로 파악되어야 할 필요성이 대두되고 있다. 특히 입자상 물질에 포함되어 있는 알세닉(Arsenic), 벤젠(Benzene), 니켈(Nickel) 등은 발암성 물질을 포함하고 있을 뿐만 아니라 입자의 지름이 약 0.1-0.25 μ m인 데 이들 중 대부분은 1 μ m 이하로 인체의 호흡기속으로

1) Patrick(1994). 대기 중에 포함되어 있는 이들은 주로 자동차에서 배출되는 것으로 알려져 있다.

들어가면, 폐암의 유발 원인이 된다.²⁾

2. 대기오염물질의 인체위해효과

일반적으로 대기가 오염되어 인체에 접촉이 되면, 먼저 눈, 비강, 상기도 점막 등에 감각적인 영향을 미치게 되고, 지속적으로 노출시켰을 경우는 그 증상이 악화되어 급성질환을 유발시킨다. 이러한 질환은 장기간에 걸친 만성재해로 이어져 심한 경우 사망으로 이어질 수 있다.

대기오염물질은 매우 다양할 뿐만 아니라 인체에 미치는 영향도 아주 복잡한데 주요한 오염물질과 이들이 인체에 미치는 위해효과를 요약하면 다음의 <표 1>과 같다.

<표 1> 대기오염물질의 인체위해효과

분 류	오 염 물 질	인 체 위 해 유 발 효 과
비발암성	황 산 화 물	호흡기 질환, 심장질환, 천식 등
	질 소 산 화 물	폐수종, 기관지염, 폐렴 등
	일 산 화 탄 소	인지·사고능력 감퇴, 반사작용저하, 협심증 등
	탄 화 수 소	눈의 염증, 돌연변이 등
	분 진	호흡기질환, 폐암 등
	오 존	호흡기점막염증, 폐기능손상, 눈의 염증, 두통 등
발암성	입자상물질, 1,3-부타디엔, 벤젠 등	암의 유발 등

* 자료 : OECD (1993)

2) NIOSH(1988).

황산화물은 산화황이나 황산 또는 황산염으로 변화하면 강한 독성을 나타내 인체에 치명적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 호흡기 및 심장질환, 천식을 유발하고, 특히 천식환자의 증상을 더욱 악화시킨다. 질소산화물 중 이산화질소는 시계 및 시야장애를 일으키는 주요한 오염원으로 기관지의 염증, 폐렴, 폐암 등에 영향을 미친다. 또한 이산화질소는 태양광선에 의한 촉매작용으로 광화학산화반응을 일으키는데, 이 반응과정에서 여러가지 인체에 위대한 유독가스를 발생시킨다. 이산화질소에 의하여 야기되는 오존은 호흡기 질환에 치명적이기도 하다.

일산화탄소는 인체의 산소흡수를 방해함으로써 사고능력을 감퇴시키고, 반사작용의 저하, 졸음 및 협심증 유발, 심한 경우 무의식 및 사망에 이르기까지 한다. 또한 임신한 여성에게는 태아의 성장 및 성장하는 어린이의 조직발달을 저해하고 불쾌감을 조성함으로써 노동자의 생산성을 감퇴시키는 요인이 되기도 한다. 탄화수소는 눈, 점막, 피부암 등을 유발시키고, 고분자량의 화합물은 돌연변이를 유발하기도 한다. 분진은 점막에 염증을 일으키고, 호흡기 기능장애를 유발하며 폐속으로 들어가는 경우 폐암을 유발시키기도 한다. 오존은 기침 및 질식을 유발하고, 폐기능을 손상시킬 뿐만 아니라 눈염증, 두통 및 신체적 불쾌감, 감기 및 폐암에 대한 저항성 감소, 만성적인 심장질환, 천식, 기관지염 등을 악화시키는 작용을 한다.³⁾

대기오염물질 중 부타디엔, 벤젠 등은 주로 자동차에서 배출되는 물질들로 불완전 연소로 인한 배출물질과 더불어 발암성이 큰 것으로 알려져 있다. 특히 디젤 엔진에서 배출되는 복잡한 혼합 화학물질인 가스물질이나 미소한 입자에 부착된 유기 화합물은 급성 및 만성적인 질환을 유발할 뿐만 아니라 사망에 이르게 하기도 한다. 또한 디젤 배출물질은 유전적 변화를 일으키기도 하고, 여러 발암성 물질들을 포함하고 있어 암을 유발하는 것으로 알려져 있다.⁴⁾

이와 같이 대기오염물질들은 다양하고 복잡하기 때문에 이러한 물질들이 인체에 미치는 피해액은 엄청날 것이다.

3) OECD(1993).

4) IARC(1989).

3. 이산화질소와 호흡기질환

이산화질소(NO_2)는 시계 및 시야장애를 일으키는 주요 오염원으로 기관지의 염증, 폐렴, 폐암 등에 치명적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 태양광선에 의하여 $\text{NO} + \text{O}$ 로 분리되면, 산소 원자(O)에 산소 분자(O_2)가 급속히 반응하여 오존(O_3)을 생성한다. 이 오존은 다시 NO 와 반응하여 $\text{NO}_2 + \text{O}_2$ 를 생성하는 데, 이들은 인체의 호흡기질환에 대단히 유독하고 치명적인 것으로 알려져 있다.

서울시정개발원(1995)이 우리나라의 주요 대기오염 상태를 조사한 바에 의하면 이산화황, 분진, 탄화수소는 점차 감소하고 있지만 이산화질소와 오존은 증가한 것으로 밝히고 있다. 그리고 이산화질소의 1시간 평균 기준치인 0.015 ppm을 연 3회, 24시간 평균 기준치 0.08 ppm을 연 15회 초과하고, 오존의 경우는 기준치 0.06 ppm을 연간 3회 이상 초과해서는 안된다고 규정하고 있지만 1시간 평균 기준치 0.10 ppm을 연 245회, 8시간 평균 기준치 0.06 ppm을 연 121회를 초과하고 있다.

보건복지부의 보건사회통계연보(1995)에 의하면 1992년 이전 우리나라의 질병 중 가장 많은 질병은 위질환이었으나 이후부터 호흡기질환이 계속 증가하다가 1994년에는 약 32.3%를 차지함으로써 가장 많은 질환이 되었다.

호흡기 질환은 이산화질소에 상당한 영향을 받는다. 본 연구에서는 이산화질소와 호흡기질환의 반응도를 실증분석하여 이를 확인할 것이다.

Ⅲ. 호흡기질환의 반응도 분석

1. 반응도 분석방법

이산화질소와 호흡기질환과의 반응관계를 조사하는 방법으로 세가지로 생각해 볼 수 있다. 첫째는 이산화질소의 질량이 환경기준치 이하이면 호흡기질환을 유발하지

않는다고 가정하고, 기준치 이상일 때 직접 호흡기 환자의 상태를 조사하는 것이다. 이러한 모형은 환경피해에 대해 그릇된 결론을 내리게 할 것이다. 그 이유로는 i) 조사에서 확인되지 않는 피해가 있을 수 있고, ii) 오염의 누적적인 효과가 무시되며, iii) 다른 원인에 의해 유발된 것을 구별하지 못하고, iv) 전체 호흡기질환이 얼마나 증가했는지 알 수 없으며, v) 호흡기질환의 감수성(susceptibility)을 파악할 수 없기 때문이다.

둘째는 회귀분석기법(regression techniques)으로 호흡기질환에 대한 자료를 분석하는 것이다. 이 방법은 대기오염, 호흡기질환 및 기타 다른 환경변수들의 변화에 대한 정보를 필요로 한다. 이는 다른 방법에 비하여 시간과 금전적인 비용을 절약할 수 있다. 회귀분석기법에 의한 반응도의 도출은 일반적으로 매우 민감한 추정치 만이 유의(significant)하고, 민감하지 못한 추정치들은 대부분 기각당한다는 단점을 가지고 있다. 회귀분석기법의 성공여부는 질환함수에서 대기오염변수 이외의 변수들을 어떻게 측정하고 구체화하느냐에 달려있다.

셋째는 이산화질소가 호흡기질환에 미치는 영향을 여러가지 실험을 통해 얻는 방법이다. 이 방법은 설계(design)나 노출시스템에 따라 다양한 반응결과를 얻을 수 는 있지만, 현실에서 발생하고 있는 여러 환경적 조건들을 그대로 복사할 수 있는지는 의문스럽다. 상이한 환경속에서 이산화질소의 질량이 호흡기질환에 반응하는 것이 비슷할지라도 호흡기질환에 영향을 미치는 변수들간에 반응하는 수량적인 관계는 분명히 환경조건들에 영향을 받을 것이다.

본 연구는 두번째 회귀분석기법을 이용해 반응도를 도출할 것이다.

2. 실증분석

(1) 변수 및 자료에 대한 설명

이산화질소와 호흡기질환과의 반응도에 영향을 미치는 요인들로는 소득수준, 인구수, 의료인수 등과 온도, 상대습도, 운량 등이 있다. 소득수준, 인구수, 의료인

수 등은 사회경제적인 변수들이고, 온도, 상대습도, 운량 등은 자연적인 요인들을 나타내는 변수들이다.

사람들이 대기오염에 노출되어 호흡기질환에 걸리는 정도는 이동적인 이산화질소의 집중도, 집중도의 지속시간, 적정치 이상의 오염 발생빈도 등에 의해 영향을 받는다. 비록 이산화질소의 1년 평균 집중도가 기준치 이하인 경우일지라도 1시간 평균 집중도의 변화가 아주 심한 경우에는 1년 평균 집중도상으로는 위해하지 않은 것으로 나타나더라도 인체에 치명적인 위해를 입힐 수 있을 것이다. 이는 대기오염의 기준치를 이용한 통계자료 사용시 단기적으로 발생하는 위해효과와 장기적으로 발생하는 위해효과를 구분해야 한다는 것을 의미한다.

우리나라의 대기환경기준치는 인체위해의 유무를 결정하는 임계수준에서 기준치가 설정되어 있다고 보기는 어렵다.⁵⁾ 따라서 본 연구에서는 이산화질소의 기준치와는 무관하게 연간 이산화질소 배출량에 의한 호흡기질환의 반응도를 살펴 볼 것이다.⁶⁾

실증분석모형에 이용되는 각 변수단위에 대한 정의는 <표 2>와 같다. 호흡기질환 전수(TRC)는 총호흡기질환 전수를 인구수(POP)로 나눈 1인당 호흡기질환 전수로 정의했고, 이산화질소(NO₂)는 지역별로 연간 배출된 이산화질소를 일정한 면적(Km²)으로 나눈 집중도로 정의했다. 그리고 지역국민소득(GRP)은 1인당 지역국민소득이다.

변수들 중 호흡기질환 전수는 『의료보험통계연보』의 의료기관을 대상으로 한 17대 분류별 진료실적을 이용했고, 이산화질소의 배출량은 『한국환경연감』 자료를 이용했다. 이외에 지역국민소득, 인구, 의료인수, 상대습도, 운량, 연평균 기온은 『한국도시연감』, 기상청자료 등이 이용되었다.

5) 우리나라의 경우는 환경법에 국민의 쾌적한 생활을 유지하기 위한 것이라고 막연히 규정하고 있을 뿐이다. 인간의 건강과 복지를 보호하고, 안전하고 깨끗한 환경을 달성할 수 있도록 기준을 설정하는 방법을 환경질기준(ambient-based)이라고 한다.

6) 환경기준치와 현실의 대기오염 측정단위는 농도(ppm)이나 본 연구에서는 일정한 면적당 이산화질소의 배출량을 이용할 것이다. 이는 우리나라의 대기오염 측정장소가 지역대표성을 띠지 못해 이에 대한 자료의 제약을 받기 때문이다.

이산화질소 배출에 의한 대기오염의 사회적 비용

자료의 구성은 서울, 부산, 대구, 인천, 광주, 대전, 경기, 강원, 충북, 충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 제주 15개 지역의 횡단면자료(cross-section data)와 1990-94년의 5개년치 시계열자료(time series data)를 결합하여 변수당 총 75개의 관찰치를 사용했다.

<표 2> 변수에 대한 정의

변 수	변 수 설 명
TRC	1인당 호흡기질환건수
NO ₂	Km ² 당 이산화질소 배출량(톤)
GRP	1인당 지역국민소득
POP	총인구
RH	상대습도(%)
CLD	운량(10분비)
TMP	평균온도(°C)
D ₁	1991년도가 1이고 나머지 연도가 0인 더미변수
D ₂	1992년도가 1이고 나머지 연도가 0인 더미변수
D ₃	1993년도가 1이고 나머지 연도가 0인 더미변수
D ₄	1994년도가 1이고 나머지 연도가 0인 더미변수

(2) 모형설정 및 추정결과

이산화질소와 호흡기질환 건수와의 반응도를 조사하기 위한 실증분석은 Lave와 Seskin (1970)을 참조하여 손실함수 접근방법(damage function approach)을 이용했다. 예를 들어 R을 이산화질소가 대기를 오염시킴으로써 발생하는 손실, Q는 이산화질소, S는 사회경제적 변수, N은 자연조건들을 나타낸다면, 손실함수는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$R = F(Q, S, N) \quad (1)$$

여기서 R은 호흡기질환 건수(TRC), S는 소득(GRP)과 인구(POP) 및 의료인

수(DN)의 경제·사회적 변수 벡터를 나타내고, N은 상대습도(RH)와 운량(CLD) 및 기온(TMP)의 자연변수 벡터를 나타낸다.

식(1)의 변수들을 이용하여 추정할 호흡기질환의 회귀방정식은 식(2)와 같이 단순선형이다.

$$R = \alpha + \beta Q + \gamma S + \delta N + \mu \quad (2)$$

(단 μ 는 오차항이다.)

식(2)로부터 모형특성화(model specification) 단계를 거쳐 변수들간의 함수형태에 대한 분석결과 호흡기질환에 대해 이산화질소와 소득이 비선형의 형태를 나타냈고, 7) 소득과 의료인수간에는 다중공선성(multicollinearity)이 크게 야기되어 의료인수를 추정에서 제외시켰다. 최종적으로 식(2)를 추정한 결과가 <표 3>에 나타나 있다.

모형에서 고려하고 있는 변수들이 호흡기질환의 변화를 설명해 주는 R^2 가 87%로 호흡기질환에 미치는 영향을 모두 고려하고 있지는 못하지만 설명력이 있다는 것을 보여준다. 호흡기질환과 소득의 반응도는 15% 유의수준에서 음(-)의 효과를 나타내고 있는 데 사람들이 소득이 증가하는 경우 소득향상에 따른 의료서비스 수요의 증가보다 예방적 의료행위에 의한 호흡기질환의 감소가 더 컸기 때문인 것으로 보인다. 또한 상대습도, 운량, 기온이 유의한 반응도를 보이지 않은 것은 우리나라의 국토가 협소하여 지역간 자연요인의 변화 차이가 적기 때문인 것으로 생각된다. 이것은 호흡기 질환이 자연적인 요인에 의하여 야기되기보다는 경제·사회적 요인들이나 인위적인 대기오염의 발생에 의하여 야기되었을 가능성이 크다는 것을 말해준다.

이제 이산화질소에만 국한시켜 호흡기질환과의 반응도를 살펴보자. 이산화질소의 단위당 배출에 대해 호흡기질환 건수는 평방근으로 반응한다. 즉 다른 조건들이 모두 일정하다면(ceteris paribus), 식(2)에서 $R = \beta \cdot \text{SQRT}(Q)$ 를 얻을 수 있고, 만일 Q가 나타내는 이산화질소가 1톤 증가하면, 호흡기질환 건수는 β 만큼 증가하

7) 이산화질소의 배출량과 소득은 각각 호흡기질환 건수와 체감적으로 반응했다.

이산화질소 배출에 의한 대기오염의 사회적 비용

고, 2톤 증가하면 약 1.4β 만큼 증가한다는 것을 알 수 있다. 이산화질소와 호흡기 질환의 반응도를 나타내는 β 의 추정값이 0.014이므로 면적(Km^2)당 이산화질소가 1톤 배출되는 경우 1인당 증가하는 호흡기질환 건수는 1.4%, 2톤 배출되는 경우 2.8%가 증가함을 알 수 있다.

<표 3> 회귀방정식의 추정결과

변 수 명		추 정 값	T값
절 편	-	0.975	1.619(0.110)
이산화질소	SQRT(NO2)	0.014	3.824(0.001)
지역국민소득	SQRT(GRP)	-4.619	-1.563(0.123)
상 대 습 도	RH	-0.011	-1.636(0.107)
운 량	CLD	0.064	1.236(0.221)
기 온	TMP	0.005	0.360(0.720)
시간더미(1991)	D ₁	0.623	11.543(0.001)
시간더미(1992)	D ₂	0.660	12.881(0.001)
시간더미(1993)	D ₃	0.819	15.624(0.001)
시간더미(1994)	D ₄	0.816	14.697(0.001)

주 : 1) SQRT는 평방근을 나타내고, T값의 ()는 유의수준.

2) R²는 0.87이고, F값은 47.329로 1% 내에서 유의.

IV. 사회적 비용의 계산

대기오염의 사회적 비용(social cost)이란 환경오염으로 인해 발생하는 사회피해 비용(social damage cost)을 말한다. 이는 시장이나 다른 수단에 의해 보상되지 않는 경우가 대부분인 데 이와 같이 보상되지 않는 피해를 화폐액으로 환산한 것이

다.

대기오염으로 인해 발생하는 경제적 피해대상은 그 범위가 광범위하고, 피해대상을 구체화하더라도 화폐가치로 환산하기가 불가능한 경우가 많다. 따라서 본 연구에서는 평균가치로 계산이 가능한 항목과 기존의 연구결과를 이용해 불충분하지는 않지만 주요 항목들에 대한 사회적 비용만을 계산할 것이다.

호흡기질환을 이용하여 대기오염(이산화질소)의 사회적 비용을 간접적으로 계산하는 방법에서 고려해야 할 주요한 사항들로는 인체의 건강 및 시간상의 피해, 생산활동의 피해, 재산 및 동식물의 피해 등을 포함시킬 수 있다. 그러나 이들을 계산하는 과정에서 측정기간, 시간에 대한 할인율, 불확실성, 인간생명가치의 계산 등에서 객관적인 평가가 어렵기 때문에 자의적이며 주관적인 요인들이 가미될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 1994년 한해 동안 배출된 대기오염(이산화질소)의 사회적 비용을 계산해 본다. 다른 조건들은 일정하고(ceteris paribus), 오직 이산화질소만이 호흡기질환에 영향을 미친다면, 의료비용의 계산식은 다음의 식(3)과 같다.

$$\Delta R = \beta \times \sqrt{\Delta Q} \quad (3)$$

여기서 R은 1인당 호흡기질환 건수이고, Q는 면적당 배출된 이산화질소량이다. 그리고 β 는 0.014이다. 1994년 말 기준으로 우리나라의 총인구는 44,453천명이고, 당해에 발생한 총호흡기질환 건수는 53,936천 건, 국토면적은 99,392 Km², 한해 동안 배출된 이산화질소량은 1,191,533톤이다.

식(3)에 의하면 당해에 배출된 이산화질소로 인해 발생한 호흡기질환 건수는 1인당 평균 1.2건 중 0.048건이 되고, 총호흡기질환 건수는 2,155천건이 된다. 입원 및 외래환자의 건당 진료비를 평균 15,828원이라고 하면, 화폐액으로 환산하여 약 34,109,340천원이 된다.⁸⁾

8) 의료비용에는 이외에도 입원비, 교통비, 주차비 등이 포함되어야 한다. 그러나 이들 비용을 포함시킬 수 있는 객관적 자료가 없어 배제시켰다. 진료비는 요양기관으로 지정된 의료기관에서 청구한 총진료비 중 심사결정된 금액으로 의료보험 연합회의 『의료보험통계연보』(1995. pp.

이산화질소 배출에 의한 대기오염의 사회적 비용

호흡기질환으로 인한 노동손실비용으로는 정상적인 활동을 할 수 없게 됨에 따른 생산력 상실, 질환으로 인한 고통, 여가활동 포기로 인한 비효용, 간호비용 등이 포함되어야 한다. 그러나 여기서는 관찰이 가능한 일당임금과 간호비용만을 고려했다. 입원환자의 노동손실은 일당임금과 간호비용으로 간주하고, 외래환자의 경우는 진료, 대기, 이동시간 등에 의한 생산성 감소에 의한 노동손실로 파악하여 일당임금과 같다고 하자.

이산화질소로 인하여 발생한 총호흡기질환 건수 중 입원과 외래건수의 비율은 각각 0.51%, 99.49%로 입원 10,991건, 외래 2,144,009건이다. 건당 평균진료일수는 입원이 12.04일, 외래가 4.02일이다.⁹⁾ 그리고 입원환자의 1일 평균 노동손실비용은 69,978원이고, 외래환자의 평균비용은 42,591원이다.¹⁰⁾ 이를 기초로 계산된 노동손실비용은 입원환자가 9,260,304천원, 외래환자가 367,088,259천원으로 노동손실비용은 약 376,348,563천원이다.¹¹⁾

이상의 이산화질소가 인체의 호흡기질환을 유발시켜 발생된 손실액을 위에서 계산된 의료비용과 노동손실비용만 고려한다면, 호흡기질환으로 인한 총손실액은 약 410,457,903천원이 된다. 이는 호흡기질환의 건당 손실액이 평균적으로 약 190,468원 발생했다는 것을 의미한다.¹²⁾

대기오염이 인체의 건강에 미치는 반응도와는 달리 재산 및 동식물에 대한 손실을 측정하기 위해서는 이에 대한 별도의 자료와 반응도 분석이 필요하다. 그러나

317-318)에서 인용한 것임.

9) 의료보험통계연보(1995).

10) 1일 평균임금과 간호비용은 각각 42,590원, 27,387원으로 추산했는데, 환자의 일당임금은 노동부의 임금구조기본통계조사보고서(1994)에서 전산업의 평균임금을 적용시킨 것이고, 간호비용은 여성 일용직 평균임금을 고려한 것임.

11) 이는 과대하게 계산되었을 것이다. 노동력 손실은 호흡기질환자를 성별, 연령별 노동자의 반응도를 개별적으로 측정해서 각각의 노동손실비용을 계산해야 하는데 모든 환자가 노동손실을 겪는다고 가정했다.

12) 호흡기질환과 관련되어 비용에 포함되어야 할 중요한 것들로는 개인의 고통, 질환의 회피행동에 따른 지출, 사망위험의 증가 및 사망을 등의 피해액을 고려해야만 한다. 그러나 이들은 윤리적 및 방법론적인 데 있어서 주관적으로 결정되는 경향이 크기 때문에 고려하기가 어렵다.

자료의 제약과 기초연구가 부족하여 실증분석이 어렵다. 따라서 1974년 미국 EPA 보고서에서 조사된 연구를 이용한다. 이 연구에 의하면 1970년 한해 동안 대기오염으로 인해 발생한 손실액은 인체손실 46억 달러(55%), 물건손상 17억 달러(21%), 식물손상 20억 달러(24%)로 발표되고 있다. 인체손실을 호흡기질환으로 인한 총손실로 간주하여 재산 및 동식물에 대한 손실액을 추산하면 335,829,193천원이 된다.

현재 수준에서 이산화질소의 배출량이 계속 유지될 경우 당해에 배출된 이산화질소는 매년 총호흡기질환과 재산 및 동식물에 약 746,287,096천원의 손실액을 발생시킬 것이다.¹³⁾ 미래에 발생하게 되는 화폐적 가치는 시간적 가치를 가지고 있기 때문에 이들을 현재가치(present value : PV)로 전환하는 것이 필요하다.

시간선호(time preference)를 고려한 경제적 현재가치는 다음과 같이 계산된다.

$$PV(EDC_t) = \sum_{t=0}^{\infty} \frac{EDC_t}{(1+i)^t} \quad (4)$$

여기서 EDC는 경제적 손실액이고, t는 기간, i는 사회적 할인율(social discount rate)이다. 매년 당해와 동일한 액수의 손실액이 무한히 발생하고, 사회적 할인율이 10%라면,¹⁴⁾ 총손실액의 현재가치는 약 8조 2,091억원이 된다.

VI. 결 론

일부 도시지역에서는 대기오염도가 장단기 환경기준치를 초과하고 있기도 하지만 정부의 환경규제정책에 힘입어 점차 개선되는 추이를 보이고 있다. 그러나 대기오

13) 1994년 당해에 배출된 이산화질소는 자연적 요인에 의한 환경정화 능력에 따라 실제로는 이전되거나 소멸될 수 있을 것이다. 이러한 경우 손실액은 매년 동일하게 발생하지는 않을 것이다.

14) 사회적 할인율을 10%로 한 것은 금융시장이 경쟁적이라고 가정하여 1년 정기예금금리를 적용한 것이다.

염물질 중 이산화질소와 오존은 장기기준치 내에서 완만한 증가추세를 보이고 있기는 하지만 단기기준치의 경우 초과횟수가 아주 빈번하다.

한편 대기오염물질과 관련이 깊은 인체의 호흡기질환이 다른 질환에 비하여 계속 상승하고 있다. 대기오염이 호흡기질환에 치명적인 영향을 미친다는 것을 고려해 볼 때 이산화질소와 호흡기질환이 무관하지 않음을 직감할 수 있다. 더욱이 우리나라의 환경기준치는 이론적 배경 및 실증적으로 연구가 미약하여 지역특성을 고려하고 있지 못하다. 따라서 본 연구는 이산화질소와 호흡기질환과의 반응도를 실증분석해 보고, 자료의 불충분성과 관련된 한계를 가지고 이산화질소의 배출량에 의한 대기오염의 사회적 비용을 계산해 보았다.

이산화질소로 인한 1994년 한해 동안의 총사회적 비용은 약 8조 2천억원으로 추산되었는데 만일 정부가 환경규제정책에 의해 당해 배출되는 이산화질소량을 저감시킬 수 있다면, 이는 사회적 편익(social benefit)이기도 하다. 경제적으로 대기오염에 대한 환경기준은 이러한 사회적 편익과 오염물질을 제거하는 데 수반되는 비용을 비교하여 적정량을 결정하게 된다. 환경정책의 객관적이고 타당한 논리적 배경을 마련하기 위해서 사회적 비용·편익에 대한 분석은 반드시 수행되어야 할 과제이다.

그러나 본 연구에서는 사회적 비용을 계산하는 데 기초연구 및 기초자료의 부족으로 여러가지 문제점들을 가지고 있다. 이 중 앞으로 좀 더 많은 연구를 필요로 하는 것을 살펴보면, 첫째, 반응도의 추정계수가 갖는 문제이다. 대기오염과 호흡기질환과의 손실함수를 이용한 반응도 분석에서는 공학, 의학, 생태학 등 자연과학 분야의 지식을 필요로 한다. 단순히 계량경제적 회귀분석을 이용하는 경우 대기오염물질들간의 상호작용에 의한 결합효과가 고려되지 않는다. 인체의 위해효과는 성별, 연령별, 지역별로 상이하게 나타날 수 있고, 재산 및 동식물의 피해에 대해서는 별도의 반응도 분석이 이루어져 사회적 비용에 합산되어야 한다.

둘째, 경제적으로 관련된 효과를 고려하는 범위의 문제이다. 대기오염으로 인한 손실은 광범위하기 때문에 관련된 효과를 고려하는 것이 자의적이고 주관적이다. 객관적으로 관찰이 가능한 것들 이외에 개인의 고통, 회피행동에 따른 지출, 사망

율(mortality)의 증가, 시간의 할인율, 생명의 가치 등 고려되는 항목에 따라 사회적 비용의 크기가 달라질 수 있다. 이들에 대해서는 객관성있고 타당한 논리적 배경이 먼저 선행되어야 할 것이다.

환경영향의 경제적 가치추정은 적정환경투자의 결정 및 환경피해보상액의 결정, 환경영향평가 등 정부정책 및 기업경영전략에 폭넓게 이용될 수 있다. 앞으로 이 분야에 관한 이론 및 실증분석에 대한 연구가 활발히 진행되어 필요한 자료들이 확충되면 좀 더 정확한 연구가 이루어져야 할 것이다. 이러한 연구가 강화될 때 선진국과의 환경분야에 대한 기술격차를 줄이고, 급성장하는 환경산업에서의 역할을 확대할 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 건설교통부, 『건설교통통계연보(교통부문)』, 1994.
2. 박승영·조준모, “자동차의 이산화질소 배출로 인한 대기오염의 사회적 비용 분석”, 교통정책연구, 1996.
3. 국제무역경영연구원, 『환경규제기준설정의 비용-편익분석에 관한 연구』, 1994.
4. 김경환, “수도권 환경오염과 차량증가에 따른 사회비용분석”, 연세대학교 산업경영 연구소 심포지움, 1992. 11.
5. 김귀곤·김명진·성현찬, “도시대기오염이 시민건강에 미치는 위험성 평가모형의 개발에 관한 연구”, 한국대기보전학회지, 제5권 제2호, 1989.
6. 내무부, 『한국도시연감』, 각 년호.
7. 배달환경연합, 『한국환경보고서』, 1994.
8. 보건사회부, 『보건사회통계연보』, 각 년호.
9. 서울시정개발연구원, 『서울시 환경관리체계 구축을 위한 연구』, 1993. 12.
10. —————, 『대기질 측정방법의 효율화방안에 관한 연구』, 1994.
11. 신연수·이영일·조광수·차철환, “대기오염이 시민건강에 미치는 영향에 관한 비교 연구”, 대한의학협회지, 제15권 제4호, 1972.
12. 신의순, “환경피해의 경제적 가치 추정”, 연세대학교 산업경영연구소 심포지움, 1992. 11.

13. 의료보험연합회, 『의료보험통계연보』, 각 년호.
14. 전영섭·나성린, “적정대기기준 설정을 위한 환경개선의 편익추정”, 연세대학교 산업경영연구소 심포지움, 1992. 11.
15. 진주환경연합, 『진주환경백서』, 1995.
16. 차철환·고응린·안윤옥, “환경오염이 건강에 미치는 영향에 관한 분석”, 대한보건협회지, 1980. 12.
17. 환경부, 『자동차 배출가스 종합대책』, 1995. 11.
18. —————, 『한국환경연감』, 각 년호.
19. —————, 『환경백서』, 1994, 1995.
20. 황익자, ‘환경오염 감량에 따르는 사회적 손익 분석’, 농업경제연구, 제24집, 1983.
21. Adams, R. M., Crocker T. D., and Thanavibulchai N., “An Economic Assessment of Airpollution Damages to Selected Annual Crops in Southern California”, *Journal of Environmental Economics and Management* 9, 1982.
22. —————, “Economically Relevant Response Estimation and the Value of Information”, *Economic Perspectives of Acid Deposition Control*, London, Butterworth, 1984.
23. Adams, R. M., Glycer J., Johnson S. and McCarl B., “A Reassessment of the Economic Effects of Ozone on U.S. Agriculture”, *Journal of the Airpollution Control Association* 39, 1989.
24. Amemiya, T. 『Advanced Economics』 Harvard University Press, 1985.
25. Bart Ostro, “Estimating the Health Effects of Air Pollutants”, *The World Bank Policy Research Department Public Economics Division*, May, 1994.
26. Clawson, M. and Knetsch J., 『Economics of Outdoor Recreation Baltimore : Johns Hopkins University Press, 1966.
27. Eskeland, G, S. Jimenez, E. and Liu, L, “Energy Pricing and Air Pollution”, *The World Bank Policy Research Department Public Economics Division*, July, 1994.
28. Hanley, N. and Spash, C. L., 『Cost-Benefit Analysis and the Environment』, Edward Elgar, 1993.
29. IARC, 『IARC Reference Number CI/75/2-S4(87)』, International Agency of Research on Cancer, World Health Organization, 1987.
30. Kahn, J., “Atrazine Pollution and Chesapeake Fisheries” in N. Hanley(editor) *Farming and the Countryside : An Economic Analysis of External Costs and*

- Benefits, Oxford : CAB International, 1991.
31. Kahn, J. and Kemp W., "Economic Losses associated with the Degradation of an Ecosystem", *Journal of Environmental Economics and Management* 12, 1985.
 32. Lave, L. B., and Seskin, E. P., "Air Pollution and Human Health", *Science* 3947, 1970.
 33. NIOSH, "Current Intelligence Bulletin NO. 50 : Carcinogenic Effects of Exposure to Diesel Exhaust", NIOSH, Cincinnati, Ohio 45226, 1988.
 34. OECD, OECD Environment Monographs No. 55. "Control of Emissions from Heavy-Duty Vehicles" Chapter 5, 1993.
 35. Patrick, Toxic Air Pollution Handbook, 1994.
 36. Silvander, U. and Drake L., "Nitrate Pollution and Fisheries Protection in Sweden" in N. Hanley(editor) *Farming and the Countryside : An Economic Analysis of External Costs and Benefits*, Oxford : CAB International, 1991.