

■ 論 文 ■

대기오염의 경제적 가치 추정에 관한 연구 (서울시를 사례로)

Valuation of Air Pollution related to Road Traffic in Seoul

김 강 수

(교통개발연구원 국가교통DB센터 책임연구원)

목 차

- I. 서론
- II. 기존문헌고찰
- III. SP 설계 및 조사
 - 1. SP 설계
 - 2. SP 조사
- IV. 모양정립
 - 1. 자료검수 및 모형정립
 - 2. 주택 선택모형
- V. 모형의 추정결과 및 분석
 - 1. 대기오염의 경제적 가치
 - 2. 도로교통에 의한 대기오염의 경제적 가치
 - 3. 가구점유형태에 따른 대기모형 및 대기오염의 경제적 가치
 - 4. 기존 연구결과와의 비교
- VI. 결론
- 참고문헌

Key Words : Valuation, Air Pollution, SP, WTP, Road Traffic

요 약

본 논문의 목적은 교통계획 및 투자 사업의 평가에 있어 대기오염 요소를 고려하기 위해 필수적인 기초자료인 대기오염에 의한 경제적 가치를 추정함에 있다. 이를 위하여 가상적인 주택선호자료를 바탕으로 대기오염 개선에 대한 가구의 지불용의액을 추정하고 이를 바탕으로 대기오염 피해의 화폐적 가치를 추정한다. 특히, 국내에서는 적용된 바 없지만 마야케팅 및 교통수요 분석 부문에 있어 시간가치, 교통수단의 안락감 등 비계량적 요소의 경제적 가치 추정에 많이 사용되는 SP(Stated Preference)기법을 사용해서 대기오염 피해에 대한 화폐 가치를 추정한다.

연구결과 가구의 점유형태에 따라 대기오염에 대한 경제적 가치가 유의적인 차이가 존재하며 도로교통에 의한 대기오염 1%의 경제적 가치는 240만원/가구·년으로 분석되었다. 대기오염물질별 경제적 가치를 살펴보면 O₃ 0.01ppm의 경제적 가치는 55.40만원/가구·년, NO₂ 0.01ppm 18.33만원/가구·년으로 추정되었다.

본 연구를 통해 교통투자사업의 평가에 있어 환경적 요소를 고려할 수 있는 기초자료를 마련하였으며, 교통분야 뿐만 아니라 환경관련 정책의 수립 분석에 중요한 기초 결과가 제시되었다. 본 결과가 교통분야에 더욱 유용하게 사용되기 위해서는 교통투자사업 또는 교통관리에 따른 교통량의 변화와 대기오염물질 배출량의 관계에 대한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단되며 이 연구가 이루어지면 본 연구가 제시한 결과치는 교통투자사업의 편익/비용 분석에 중요하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다. 본 연구의 한계로서는 조사지역이 전국에서 환경오염이 심한 서울지역에서 조사가 한정되었다는 점이며 이에 대한 앞으로의 연구가 필요하다.

I. 서론

대기오염의 경제적 가치는 환경관련 정책의 수립 및 분석에 중요한 기초자료이나 이에 대한 다양한 연구가 부족한 실정이다. 특히 자동차로 인한 대기오염이 환경문제에서 차지하는 비중은 지속적으로 증가하고 있고 기후변화 협약에 따른 교통부문의 온실가스 감축목제가 국내·외적으로 현안문제로 떠올라 OECD 국가를 비롯한 주요 선진국가의 경우 교통정책의 수립에 있어서 대기오염 요소를 필수적으로 고려하고 있으나 우리나라의 경우 아직까지 교통계획 및 투자사업의 평가에 이러한 대기오염 요소는 고려되지 못하고 있는 형편이다.

본 논문의 목적은 교통계획 및 투자사업의 평가에 있어 대기오염 요소를 고려하기 위해 필수적인 기초자료인 대기오염에 의한 경제적 가치를 추정함에 있다. 이를 위하여 가상적인 주택선호자료를 바탕으로 대기오염 개선에 대한 가구의 지불용의액을 추정하고 이를 바탕으로 대기오염 피해의 화폐적 가치를 추정한다. 특히, 국내에서는 적용된 바 없지만 마아케팅 및 교통수요 분석 부문에 있어 시간가치, 교통수단의 안락감 등 비계량적 요소의 경제적 가치 측정에 많이 사용되는 SP(Stated Preference)기법을 사용해서 대기오염 피해에 대한 화폐 가치를 추정한다.

논문의 구성은 다음과 같다. 논문의 목적 및 배경을 설명하는 서론 부분에 이어 II절에서는 기존 대기오염 피해에 대한 화폐가치를 추정에 대한 국내 연구 사례를 살펴본다. III절에서는 본 연구를 수행하기 위한 SP 조사내용 및 조사설계 내용을 설명하고 IV절에서는 조사자료를 이용한 분석결과를 제시한다. 마지막으로 결론 부분에서는 연구의 요약 및 종합, 정책적 제언을 담는다.

II. 기존문헌고찰

대기오염의 경제적 가치를 추정하는 연구는 크게 간접 방법론과 직접 방법론으로 대별할 수가 있다. 간접 방법론이란 환경피해 또는 편익의 추정에 있어서 직접적으로 현시된 환경의 경제적 가치를 추정하는 대신 환경 피해가 인간의 건강이나 농작물, 건축물 등에 끼치는 피해를 추정함으로써 상품이나 시장 활동에 묻어있는 환경적 가치를 추출하는 방법이다.

피해함수접근법(Damage Function Approach), 여행비용방법(Travel Cost Method, TCM), 속성가격접근법(Hedonic Price Technique) 등이 간접 방법에 속한다. 직접방법론은 환경피해를 직접적인 금전적 가치로 환산하는 방법론을 말한다. 일반적으로 가상적 상황을 설정해 응답자로 하여금 특정한 경우의 환경개선 또는 피해의 가치를 직접 평가하게 하는 방법이다. 조건부가치 추정법(Contingent Valuation Method, CVM)이 대표적인 직접 계량화 방법론으로서 환경개선에 대한 지불용의액을 응답자에게 "직접" 물어보는 방법이다.

우리 나라에 있어서의 대기오염의 피해 계량화 연구는 주로 피해함수접근법(Damage Function Approach), 속성가격접근법(Hedonic Price Technique)에 의한 접근이 주류를 이루고 있다. 예를 들어 임영식·전영섭(1993)은 서울 시내 자가주택 665가구를 대상으로 대기질을 하나의 주택특성으로 가지는 대기질 변수와 가구특성변수(소득, 가족의 수 등)를 독립변수로 하는 지불용의액함수를 추정하여 대기질이 개선되었을 때 발생하는 편익을 추정하였으며 연구결과 서울시의 오존농도의 평균치를 0.02ppm에서 0.01ppm 수준으로 끌어올리는 경우 가구당 월평균 지불의사액은 약 12,000원으로 추정하였다. 한편, 조준모(1996), 광승준·조준모(1996)는 조사량-반응함수(Dose-response-relationship)를 이용하여 1994년에 발생한 대기오염의 사회적 비용을 추정하였다. 이 연구는 이산화질소(NO₂)만이 호흡기질환에 영향을 미친다는 가정하에 호흡기질환 발생건수와 이산화질소 배출량간의 상관관계를 통해 한해의 자동차에서 배출된 이산화질소를 완전히 제거하게 되는 경우 편익이 약 1조 2천억 원(당해 GNP의 0.4%) 발생한다고 제시하고 있다. 그러나 위의 연구는 자동차에서 배출되는 이산화질소를 제거할 때 발생하는 사회적 이익을 중심으로 분석하였다. 따라서 이산화질소를 포함한 여러 가지 대기오염물질들의 영향을 고려한다면 자동차 대기오염으로 인한 사회적 비용은 위 연구의 계산치를 훨씬 상회할 것으로 판단된다.

임종수(1996)는 손실함수 접근법을 사용하여 CO, TSP, NOx, O₃, SO₂ 등 주요 대기오염물질로 인한 사회적 비용을 추정하였다. 위의 오염물질로 인한 호흡기 질환 발생의 연간 사회비용이 약 2조 415억원에 달하며, GNP의 약 0.77%에 해당하는 것으로 분

석하였다. 그러나 이는 대기오염으로 인한 사회적 비용을 인체의 호흡기 질환에만 국한시킴으로서 재산상의 피해 등 기타 여러 가지 피해를 배제시키고 있다. 한편, 업영속(1998)은 회피행위접근법(Averting behavior method)을 이용하여 우리 나라 소비자들의 대기오염 감소에 대한 지불용의액을 추정하였다. 특히 대기오염에 따른 호흡기질환 증상을 감소시키기 위해 지출하는 완화비용(Mitigating expenditures)을 통해 오존 감소의 한계편익을 구하였다. 분석결과 대기오염물질 중 오존만이 통계적 유의성을 나타냈으므로 오존감소에 대해서만 지불용의액을 계산하였는데, 오존오염도가 1995년 전국 평균에서 50% 감소하는데 지불용의액은 월평균 1인당 월 2,000원에서 2,900원 정도이고, 1인당 연평균 지불의사는 23,500원에서 34,600원의 범위에 있는 것으로 추정하였다.

기존 연구들을 고찰해 볼 때 기존 연구들은 대부분 시장자료에 기초한 간접적 추정방법들로서 특정 오염 물질을 대상으로 한 인체의 직접적인 영향을 통해 대기오염의 경제적 가치를 추정하고 있다. 따라서 호흡기질환 발생에 가장 밀접한 관계를 가지는 것으로 알려진 SO₂, NO_x, TSP만을 대상으로만 함으로써 다른 유해 대기오염물질과 개인의 심리적인 피해 등은 배제되어 추정되고 있다.

III. SP 설계 및 조사




1. SP 설계

대기오염의 경제적 가치를 추정하기 위해 본 연구에서는 SP 기법을 적용한다. SP 기법은 응답자에게 직접적인 환경피해 또는 편익을 묻는 방법만 아니라 조건부가치추정법(CVM) 방법과 같이 가상적 또는 실험적 시장을 통해 환경개선에 대한 지불용의액을 산출할 수 있는 기법이나 국내에서는 대기오염 및 환경요소의 경제적 가치에 적용된 바가 없다. SP 기법은 CVM과 달리 질문 구성에 있어 보다 더 실제 상황과 유사하게 설계될 수 있으며 동일한 응답자로부터 반복적인 선호를 유도할 수 있다. 따라서 McFaden and Leonard(1993), Kemp and Maxwell(1993)은 CVM 방법의 대안으로서 SP 기법을 제안한 바 있으며 특히 Arrow et al(1993)은 환경부분에 대한 편익의 산정방법으로 SP 기법을 권장하고 있다.

대기오염의 경제적 가치를 추정하기 위한 본 연구의 SP 조사에서 설정된 가상적인 상황은 주택선택상황이다. 일반적으로 교통분야에서는 SP 기법의 적용시 가상적인 선택상황으로써 노선선택과 교통수단선택 상황을 가정한다. 그러나 대기오염 등 환경적 요소가 택시나 지하철 선택 또는 노선 선택에 영향을 미치는 변수로 볼 수 없기 때문에 가상적인 선택상황을 주택상황으로 설정한다. 주택선택에 대기오염 요소가 중요하다는 사실은 이학우(1992), 장영재(1993), 허세림(1994), 이왕기(1996) 등 기존연구에서 이미 제시된바 있다. 한편, 주택선택에 영향을 미치는 설명변수로서는 대기오염뿐만 아니라 주택가격, 접근성, 주택의 위치, 이웃주민 등이 설정 될 수 있으나 응답자의 응답 용이성, SP 질문 수, 연구의 목적 등을 고려하여 대기오염, 주택비용, 직장까지의 통행시간만을 고려한다. 따라서 본 연구에서는 이외의 주택선택에 영향을 미치는 요인들은 두 주택의 선택대안에 대해 비차별적이라고 가정한다.

설명변수의 변화폭인 수준은 응답자가 실제 느낄 수 있는 변화와 예비 조사를 바탕으로 결정되었다. <표 1>은 본 연구에서 고려된 각 속성변수의 수준과 수준수이며 <그림 1>은 응답자에게 제시되어진 전형적인 질문을 보여주고 있으며 이러한 SP 질문은 각 응답자에게 9개문항씩 제시되어 졌다.

▶ 다음과 같이 두 주거지의 주택가격, 대기오염도, 직장까지의 출근 통행시간이 주어졌을 때 귀하께서는 어느 주거지의 주택을 선호하십니까? (다른 의견, 즉 전망, 향, 학군, 소음 등은 두 주택이 동일합니다)

		
10% 증가	주택가격 또는 정세가 (현시세기준)	10% 증가
10% 악화	소음개선도 (현재 소음도 기준)	20% 개선
현재수준	직장까지 통행시간 (현재 통행시간 기준)	25% 증가
	귀하의 선택은?	

<그림 1> SP 질문

〈표 1〉 속성변수의 수준 및 수준수

속성변수명 (대안공통변수)	수준수	수준값		
		제1수준	제2수준	제3수준
주택비용	3	현재수준	10%상승	25%상승
소음도	3	20%악화	20%개선	90%개선
통행시간	3	25%감소	현재수준	25%증가

2. SP 조사

조사는 서울시 거주자를 대상으로 2001년 7월 9일부터 7월23일까지 실시하였다. 조사는 크게 응답자

의 사회, 경제적 현황과, 주택의 위치 및 비용을 질문하는 부분과 SP 질문 부분으로 구성되어졌다. 조사지역은 환경부가 대기오염을 상시 관측하는 서울시 전 지역을 조사지역으로 선정하였다. 따라서 본 연구의 서울시 대기오염 정도는 환경부에서 발표하는 서울시 대기오염 정도와 동일하다.

〈표 2〉는 2000년도 서울시 조사지역의 연평균 대기오염도를 보여주고 있다.

대기오염이 상시 관측되는 지역을 선정한 이유는 향후 대기오염물질의 경제적 가치를 추정하기 위해서는 그 지역의 대기오염물질 정보가 필수적이기 때문이다.

〈표 2〉 서울시 조사지역 연평균 대기오염도

조사장소	SO ₂ (ppm)	TSP(μg/m ³)	PM10(μg/m ³)	O ₃ (ppm)	NO ₂ (ppm)	CO(ppm)
서울시	0.007	64	68	0.016	0.032	1.1
구로구 구로동	0.005583	-	63.91667	0.015583	0.03825	0.7
광진구 구의동	0.0043	80.1	0	0.0177	0.0367	0.66
성북구 길음동	0.011	57.18182	0	0.019583	0.021222	0.916667
서대문구 남가좌동	0.005333	60.66667	0	0.01325	0.042833	0.8
강남구 대치동	0.0055	-	78.16667	0.017	0.031583	1.308333
마포구	0.007833	-	70.18182	0.017833	0.030583	1.141667
중랑구 면목동	0.007333	-	81.58333	0.017583	0.031167	1.625
영등포구 문래동	0.00825	-	65.25	0.018333	0.041083	1.358333
서초구 반포동	0.005417	-	45.33333	0.01675	0.038583	0.533333
송파구 방이동	0.005167	-	44.33333	0.016583	0.032833	0.716667
강북구 번동	0.004	-	96	0.006	0.051	0.9
은평구 불광동	0.006583	-	46.5	0.022333	0.026364	1.166667
동작구 사당동	0.006	-	66.66667	0.009833	0.031333	0.775
노원구 상계동	0.008	-	81	0.018	0.038	1.3
성동구 성수동	0.0044	82	0	0.0132	0.041	0.74
금천구 시흥동	0.004	-	67	0.005	0.054	1.2
동대문구 신설동	0.00675	-	64.08333	0.014833	0.033417	1.366667
관악구 신림동	0.00475	-	0	0.027167	0.014583	0.908333
양천구 신정동	0.007	-	76	0.004	0.037	1.4
도봉구 쌍문동	0.00725	-	70.22222	0.021833	0.03025	0.8
구로구 오류동	0.0045	78.3	0	0.0185	0.0284	0.7
종로구 이화동	0.006	-	85.91667	0.017583	0.046167	0.954545
송파구 잠실동	0.010167	-	47.91667	0.015667	0.033583	1.090909
강동구 천호동	0.0045	-	88.75	0.015583	0.03725	0.791667
용산구 한남동	0.005667	65.81818	0	0.017833	0.04025	1
강서구 화곡동	0.00425	-	62.91667	0.015083	0.037083	0.683333

출처) <http://me.go.kr/www/index.html>, 환경부 측정망자료.

주) - : TSP 측정이 실시되지 않은 지역임.

N. 모형정립

1. 자료검수 및 모형정립

조사후 입력된 자료는 1차 검수 절차를 거쳤다. 즉 입력시 발생하는 오류와 자료 자체가 갖고 있는 논리 상 오류를 제거하였다. 또한 SP 질문에 모두 응답하지 않은 조사자료도 분석에서 제외하였다. SP 질문의 두 번째 문제인 경우 응답이 당연시되는 질문이었으나 이에 대해 틀린 대답을 한 응답자의 조사내용도 제외하였다. 1차 검수 후 2차 자료 스크린 과정을 거쳤다. 즉, Lexicographic 선택행태¹⁾가 나타나는 자료는 분석에서 제외하였다. Lexicographic 선택행태가 나타나는 자료를 분석에서 제외하는 이유는 효용극대화 이론에 적합한 의사결정이 아니며 환경개선에 대한 지불용의액의 계산도 불가능하기 때문이다.

검수된 자료는 효용극대화 이론에 바탕을 둔 SP 주택선택 모형구축에 이용되었다. 즉 모형 구축을 위한 어떤 가구의 주택 i 의 효용 (U_i)은 다음과 같이 관측 가능한 효용 V_i 와 관측되지 않는 효용(비관측효용) ϵ_i 으로 표현한다.

$$U_i = V_i + \epsilon_i \quad (1)$$

위의 효용식을 본 연구에 적용한 식(2)는 다음과 같다.

$$U_i = \alpha_m N_i + \alpha_t T_i + \alpha_p P_i + \epsilon_i \quad (2)$$

- 여기서 설명변수 N 은 대기오염, T 는 직장까지의 통행시간, 그리고 P 는 주택가격을 의미한다. α_{ki} 는 주택 i 의 효용에 있어서 설명변수 K 의 가중치로서 각 변수 K 의 파라메타 값이다.

만약 비관측효용의 분포가 type I extreme value (Weibull) 분포를 따른다고 하면 주택 선택대안(i) 확률은 다음과 같은 식으로 간단히 표현될 수 있다.

$$\Pr(i) = \frac{e^{u_i}}{\sum_{j \neq i \in c} e^{u_j}} \quad (3)$$

한편, 대기오염 개선에 대한 지불용의액 또는 경제적 가치는 효용의 한계대체율 개념으로 구할 수가 있다. 즉 한계대체율은 동일한 수준의 만족을 유지하기 위해 1단위의 대기오염 개선 대신에 지불(또는 포기)해야 할 비용이므로 효용에 대한 각 대기오염 및 주택비용의 가중치의 비 식(4)로써 표현된다.

$$\frac{\partial U_i / \partial N_i}{\partial U_i / \partial P_i} = \frac{\alpha_{mi}}{\alpha_{pi}} \quad (4)$$

2. 주택 선택모형

효용함수식(2)를 바탕으로 구축되어지는 선택모형은 설명변수의 표현 단위에 따라 모형1과 2로 구분한다. 모형1은 주택비용과 통행시간이 각각 연간 주택비용 및 분으로 표현된 반면 대기오염변수가 % 단위로 표현된 모형을 말하며 모형 2는 조사된 각 개별가구의 주택비용, 즉 주택가격과 전세금, 그리고 각 개별가구가 속한 지역의 대기 오염물질 농도의 실제 수치가 설명변수로 사용된 모형을 말한다.

연간 주택 비용을 산정하기 위해 %로 조사된 주택 가격 변수의 변환은 다음과 같은 과정을 거쳤다. 먼저 자가와 전세의 주택비용의 비중을 동일하게 조정

〈표 3〉 대기 모형별 설명변수 표현단위 및 분석결과

	주택비용	통행시간	대기오염	분석결과
모형 1	연간주택비용 (만원/년)	분	%	대기오염 1% 증가에 따른 연간 주택비용
모형 2	연간주택비용 (만원/년)	분	오염물질별 단위 (SO ₂ : ppm, PM10 : µg/m ³ , O ₃ : ppm, NO ₂ : ppm, CO : ppm)	대기오염물질 1단위 증가에 따른 연간 주택비용

1) Lexicographic 선택행태란 특정 주택을 선택함에 있어 그 주택과 경쟁 주택의 모든 속성변수의 수준을 비교하며 선택행위가 이루어지지 않고 특정한 속성변수에 의해서만 선택행위가 이루어지는 행태를 말한다. 예를 들어 대기오염, 소음, 통행시간은 무시하고 주택가격이 저렴한 주택만 선택하는 행태를 말한다. Lexicographic 선택행태가 나타나는 주된 이유는 주거 선택에 있어서 고려해야 할 변수 정보의 양과 변화에 관계가 있다. 즉 응답자의 관점에서 두 주거선택 대안의 주택비용, 통행시간, 환경요소가 독립적으로 변화함으로써 인해 선택 의사결정에 어려움을 겪게 되므로 의사결정 기준을 가능하면 한가지 변수에만 집중하는 등 의사결정을 단순화 하고자 하는 행태에서 기인한다.

〈표 4〉 현재 수준의 연 주택비용 전환과정

점유형태	현재 수준의 주택비용
자가	현재주택가격 × 정기예금 연금리 (0.05) × 전세금/아파트 매매가격 비율(0.63)
전세	현재전세가격 × 정기예금 연금리 (0.05)

하기 위해 전세가 자가의 주택 비용에서 차지하는 비율을 고려하였다.²⁾ 본 연구의 조사지역인 경우 전세금/아파트가격 비율이 0.63으로 조사되었다.³⁾ 전세금이 아파트 매매가격에서 차지하는 비율을 고려한 후 연간 주택비용을 산정하기 위해 조사된 현재 주택가격 및 전세가격에서 은행정기예금의 평균 연금리(0.05)를 사용하였다. 응답자의 주택가격 및 전세가격, 직장까지의 통행시간은 SP 질문이전에 조사되었다. 〈표 4〉는 이러한 주택비용의 전환과정을 요약한 것이다.

한편, 본 모형의 구축에 있어 월세의 경우를 제외하였는데 그 이유는 월세에 살고 있는 가구주의 경우 일반적으로 가구 소득이 낮으면서도 전세인 경우보다 지불하는 주택비용이 높아 분석에 편익이 발생할 소지가 있으며 대기오염 및 소음도의 영향이 월세인 경우 자가 및 전세와 비교할 때 주거선택에 미치는 영향의 정도가 낮기 때문이다.

V. 모형의 추정결과 및 분석

1. 대기오염의 경제적 가치

〈표 5〉는 식(2)에서 구축된 효용함수식을 이용한 모형 1과 2의 추정결과를 보여주고 있다. 추정계수는 설명변수의 효용에 대한 가치치를 말하며 괄호안의 수치는 추정 신뢰도를 나타내는 t 값이다. $L(\beta)$ 는 최종 파라메타 추정시 로그함수 값을 말하며 $\rho^2(c)$ 는 모형의 적합도를 나타내는 지표이다.

모형1과 2의 추정에 사용된 표본수는 월세를 제외한 총 7,230 자료이다 각 설명변수의 부호를 보면

〈표 5〉 모형 추정결과

변수명	모형1	모형2
	추정계수	추정계수
주택비용(만원/년)	-0.006487(-15.1)	-0.006407(-15.0)
통행시간(분)	-0.04162(-17.1)	-0.04151(-16.9)
대기오염도(%)	-0.01830(-32.2)	-
SO ₂ (1ppm)	-	-22.38(-0.7)
PM10(1 μ g/m ³)	-	-0.003531(-1.0)
O ₃ (1ppm)	-	-41.76(-4.5)
NO ₂ (1ppm)	-	-13.82(-2.6)
CO (1ppm)	-	-0.2796(-1.5)
L(0)	-5011.4541	-5011.4541
L(c)	-4980.5509	-4980.5509
L(β)	-4226.0489	-4230.8838
$\rho^2(0)$	0.1567	0.1558
$\rho^2(c)$	0.1515	0.1505
표본수	7230	7230

주택비용, 대기오염도, 통행시간 모두 음의 부호를 나타내고 있다. 모형 2인 경우 각 대기오염물질의 부호도 모두 음의 부호를 나타내 각 설명변수가 증가하면서 주택선택의 효용은 감소한다는 점을 설명하고 있다.

모형 1인 경우 각 설명변수의 추정 신뢰도를 나타내는 t 값의 경우 절대값이 95% 신뢰수준의 통계 검증값 1.98보다 모두 커 주택비용, 대기오염도, 통행시간이 주택선택의 효용에 유의하게 영향을 미치고 있음을 보여주고 있다. 한편, 모형 2인 경우 SO₂, PM10, CO의 t 값은 95% 신뢰수준에서 유의하지 않음을 보여 주고 있다. 따라서 분석결과에 한계가 있음을 밝혀둔다. 모형의 적합도를 나타내는 ρ^2 값의 경우 0.15로서 개별행태 모형임을 감안할 때 만족스런 모형의 적합도를 나타내고 있다.

대기오염 물질의 경제적 가치는 대기오염 감소에 따른 지불용의액(WTP)을 추정해서 추정할 수 있다. 즉, 한계대체를 개념하여 구해지는 대기오염 물질의 경제적 가치는 대기오염도 및 대기오염물질의 파라메타값을 주택비용의 파라메타값으로 나눈 값이다.

2) 본 연구에서는 주택 보유에 따르는 상대적 이득이 없음을 가정한다. 즉 자가의 주택비용은 단지 가격에 상응하는 전세 보증금에 기회비용을 적용한 것이다. 일반적으로 주택경제학에서는 주택의 사용자 비용을 주택을 1년 동안 보유 또는 임차하는데 소요되는 비용으로 정의하고 있으며 구체적으로는 이자비용(대출이자 및 자금의 기회비용), 감각상각, 관리비, 재산세, 거래비용 등에서 세후 예상 자본이득을 뺀 것으로 정의하고 있다. 본 연구에서는 단지 자가와 전세의 주택비용의 비중과 이자비용만을 고려하였다.

3) 자료출처 - 한국감정원웹사이트 "부동산테크" (<http://ret.co.kr>), 2001년 11월 현재.

〈표 6〉 대기오염물질별 경제적 가치

구분	SO ₂ (0.001ppm)	PM ₁₀ (1 μ g/m ³)	O ₃ (0.01ppm)	NO ₂ (0.01ppm)	CO (0.1ppm)
만원/ 가구·년	3.493	0.55	65.18	21.57	4.4

위의 추정치로부터 유추된 대기오염의 경제적 가치 또는 가구의 지불용의액은 대기오염도 1%당 연간 2.82만원이다. 한편, 모형2를 이용하여 각 단위 오염물질별 경제적 가치를 추정해 보면 〈표 6〉과 같다. SO₂ 0.001ppm의 가격은 3.493만원/가구·년, PM₁₀인 경우 1 μ g/m³ 당 0.55만원/가구·년, O₃의 0.01ppm 가격은 65.18만원/가구·년, NO₂인 경우 0.01ppm당 21.57만원/가구·년, CO인 0.1ppm당 4.4만원/가구·년으로 분석되었다.

2. 도로교통에 의한 대기오염의 경제적 가치

자동차에 의해 발생하는 대기오염의 경제적 가치를 산출하기 위해서는 전체 대기오염 물질 배출량 중 자동차 배출가스의 기여율을 고려해야만 한다. 총 대기오염물질 배출량중 자동차 배출가스 배출량의 비중은 1999년 기준 전국적으로 41%를 차지하고 있으며 특히 교통량이 많은 서울시인 경우 대기오염의 85%를 자동차 배출가스가 담당한다.⁴⁾

분석결과 도로교통에 의한 대기오염 1%의 경제적 가치는 2.40만원/가구·년이다. 가구의 대기오염물질별 개선에 대한 지불용의액으로써 경제적 가치를 살펴보면 O₃ 0.01ppm의 경제적 가치는 55.40만원/가

구·년, NO₂ 0.01ppm 18.33만원/가구·년으로 추정되었다.

〈표 7〉은 도로교통에 의한 대기오염의 경제적 가치를 95% 신뢰구간에서 하한, 평균, 상한값으로 구분하여 제시하고 있다. 하한, 상한값은 추정값(평균)의 신뢰구간을 바탕으로 추정되었는데 두개의 확률변수 비율의 분포를 asymptotic t 분포를 가정하여 추정하였다. 자세한 내용과 방법은 김강수(2001)에 제시되어 있다.

3. 가구점유형태에 따른 대기모형 및 대기오염의 경제적 가치

가구점유형태(자가와 전세)에 따라 모형의 추정결과 및 대기오염의 경제적 가치에 유의적인 차이가 존재하는지를 살펴본다. 〈표 8〉은 자가와 전세별로 모형을 추정한 결과이다. 표본수는 자가인 경우 4,430 전세인 경우 2,800이다. 추정계수의 부호와 유의도가 전체 모형과 같이 만족스런 결과를 보여주고 있다.

모형 1의 분석결과 자가의 경우 대기오염 1% 감소의 경제적 가치는 자가의 경우가 전세의 3.27만원/가구·년의 1.77배에 이르고 있다. 모형 2인 경우 SO₂, PM₁₀, CO의 파라메타 값이 유의하지 않으며, 전세모형인 경우 위의 변수도 더불어 NO₂의 변수도 95%신뢰수준에서 유의하지 않다. 따라서 분석에는 한계가 있으나 대기오염물질별 경제적 가치를 살펴보면 PM₁₀을 제외하고 모두 자가의 경우가 전세보다 높게 나타나고 있다.

〈표 7〉 95% 신뢰구간에서의 도로교통에 의한 대기오염의 경제적 가치

구분	단위	하한값(만원/가구·년)	평균(만원/가구·년)	상한값(만원/가구·년)
대기오염	%	2.06	2.40	2.64
	SO ₂ *(0.001ppm)	-	2.97	-
	PM ₁₀ *(1 μ g/m ³)	-	0.47	-
	O ₃ (0.01ppm)	29.91	55.40	79.00
	NO ₂ (0.01ppm)	4.35	18.33	31.69
	CO*(0.1ppm)	-	3.71	-

주) * : 95% 신뢰도에서 변수가 유의하지 않음. 유의성 없는 변수는 평균만을 제시.

4) 환경백서(2001). 구체적으로 살펴보면 서울지역에서 배출된 대기오염물질 총 32만 5천톤 가운데 85.2%인 27만 7천톤이 자동차 배출가스에 기인하며, 나머지 오염물질은 난방(4만 1천톤, 12.6%)과 산업(5천톤, 1.5%), 발전(1천톤, 0.3%) 등에 의한 것이다. 배출가스 배출량을 차종별로 보면 승용차가 17만 6천톤으로 전체의 63.5%, 버스와 트럭 등 대형 경유 차량이 6만 1천톤으로 22%이다. 따라서 본 논문에서는 향후 제시될 대기오염 개선에 대한 지불용의액중 85%를 자동차 부문으로 인한 대기오염 개선에 대한 지불용의액으로 가정하여 대기오염의 경제적 가치를 추정한다.

〈표 8〉 가구점유형태에 따른 모형

변수명	모형1		모형2	
	자가 추정계수	전세 추정계수	자가 추정계수	전세 추정계수
주택비용(만원/년)	-0.006224(-12.3)	-0.008644(-9.3)	-0.006054(-12.1)	-0.008634(-9.3)
통행시간(분)	-0.04393(-14.0)	-0.04093(-10.2)	-0.04321(-13.8)	-0.04122(-10.2)
대기오염(%)	-0.02033(-26.2)	-0.01602(-18.6)		
SO ₂ (1ppm)	-	-	-22.49(-0.6)	-14.59(-0.3)
PM ₁₀ (1μg/m ³)	-	-	-0.001435(-0.3)	-0.003314(-0.6)
O ₃ (1ppm)	-	-	-40.33(-3.2)	-41.65(-2.9)
NO ₂ (1ppm)	-	-	-17.73(-2.3)	-13.16(-1.7)
CO(1ppm)	-	-	-0.4552(-1.8)	-0.1878(-0.6)
L(o)	-3070.6420	-1940.8121	-3070.6420	-1940.8121
L(c)	-3048.7549	-1931.5190	-3048.7549	-1931.5190
L(β)	-2520.6962	-1687.3005	-2530.1688	-1685.3546
ρ ² (0)	0.1791	0.1306	0.1760	0.1316
ρ ² (c)	0.1732	0.1264	0.1701	0.1274
표본수	4430	2800	4430	2800

〈표 9〉 95% 신뢰구간에서의 점유형태별 도로교통에 의한 대기오염의 경제적 가치

구분	단위	자가			전세		
		하한값(만원/년)	평균(만원/년)	상한값(만원/년)	하한값(만원/년)	평균(만원/년)	상한값(만원/년)
대 기 오 염	%	2.32	2.78	3.07	1.21	1.57	1.77
	SO ₂ * (0.001ppm)	-	3.16	-	-	1.44	-
	PM ₁₀ * (1μg/m ³)	-	0.20	-	-	0.32	-
	O ₃ (0.01ppm)	20.80	56.62	89.08	15.06	41.00	64.50
	NO ₂ (0.01ppm)	3.50	24.90	44.78	0.39(90)	12.96	24.68(90)
	CO*(0.1ppm)	0.5(90)	6.39	11.97(90)	-	1.85	-

주) * : 95% 신뢰도에서 변수가 유의하지 않음. (90):90%에서 신뢰구간을 의미함.

가구점유형태에 따라 모형의 추정결과에 유의적인 차이가 존재하는지를 검정하기 위해 log-likelihood 검정을 실시하였다. Log-likelihood 검정통계량 값은 -2(LR-LU) 즉 36.1044로서 95% 신뢰도 및 자유도 3에서의 임계치 7.81보다 크므로 가구의 점유형태에 따른 모형의 추정결과에 유의적인 차이가 존재한다. 모형2도 모형1과 동일하게 Log-likelihood 검정 결과 검정통계량 값이 30.7208로서 95% 신뢰도, 자유도 7의 임계 통계량 값인 14.07보다 크므로 자가와 전세에 따라 모형의 추정결과에 유의적인 차이가 있다고 할 수 있다.

자동차 부문만을 고려하여 추정한 대기오염의 경제

적 가치는 〈표 9〉와 같다. 대기오염 1%의 경제적 가치는 자가인 가구가 2.78만원/가구·년으로 전세 가구의 1.57만원/가구·년의 1.77배에 이르고 있다. 대기오염 물질별 개선인 경우도 자가의 경우가 PM₁₀을 제외하고 전세의 2~4배에 이르고 있다.

4. 기존 연구결과와의 비교

본 연구의 결과를 비교 가능한 기존 국내연구(임영식·전영섭, 1993)과 엄영숙(1998)와 비교하였다.

연구결과를 비교하기 위해 엄영숙(1998)의 연구인 경우 1995년 전국 O₃ 평균농도 0.017ppm⁵⁾의 50%

5) 환경부(<http://me.go.kr>)

〈표 10〉 O₃ 경제적 가치(1995년도 불변가격* 기준)

구분	본 연구(2001) (0.01ppm)			임영숙·전영섭(1993) (0.01ppm)	본 연구(2001) (0.0085ppm)			임영숙(1998) (0.0085ppm)	
	하한	평균	상한		하한	평균	상한	하한	상한
지불용의액 (만원/가구·년)	27.69	51.28	73.13	22.86	23.5	43.6	62.2	7.5	11.1

주) 임영숙(1998)의 결과치는 전국을 대상으로 한 결과치임.

* : 소비자 물가지수 : 1993년도 90.1, 1995년도 100.0, 2001.11월 127(<http://www.nso.go.kr>).

인 0.0085ppm의 경제적 가치(지불용의액)와 가구당 구성인원을 3.2⁶⁾명으로 가정하였다.

기존의 연구결과와 비교시 본 연구의 결과치가 다소 높게 추정되고 있다. 그러나 기존 연구 결과가 시장자료에 기초한 간접적 추정방법으로서 가구의 심리적인 피해에 대한 고려가 없고 대기오염에 따른 호흡기질환 증상만을 감소시키기 위해 지출하는 완화비용(Mitigating expenditures)만을 고려했기 때문에 대기오염 개선에 따른 편익 추정에 있어서 과소 추정될 여지가 존재한다. 특히 임영숙(1998)의 연구결과인 경우 조사지역이 전국으로 대기오염이 심한 서울시만을 사례로 제시한 본 연구결과보다 O₃의 경제적 가치는 작아야 한다. 본 연구에서 O₃ 변수가 신뢰성 있게 추정되었고 기존 국내연구를 비교한 결과 별다른 특이성은 발견되지 않아 SP 기법을 이용한 대기오염 물질의 경제적 가치 추정방법도 앞으로 신뢰성 있게 적용 가능한 방법으로 판단된다.

VI. 결론

본 연구를 통해 도로교통에 의해 발생하는 대기오염에 대한 환경피해의 화폐적 가치를 추정하였다. 이를 위해 국내에서는 적용된 바 없지만 마이케팅 및 교통수요 분석 부문에 있어 비계량적 요소의 경제적 가치 측정에 많이 사용되는 SP기법을 통해 대기오염에 대한 화폐적 가치를 추정하였다. SP 조사내용은 대기오염을 고려하는 주거선택에 대한 질문으로 구성하고 자동차에 의한 대기오염피해는 추정된 전체 대기오염 피해에서 자동차 배출가스의 대기오염 비중을 고려하여 결정하였다. SP 조사는 자료의 신빙성을 높이기 위해 서울시 중 대기오염이 상시 측정되는 지역에서 실시되었다.

본 연구결과 사회적 비용 계량화 분석에 SP 기법이 유용하게 사용될 수 있음을 확인하였으며 분석 결

과의 신빙성도 기존 다른 연구와 비교해 볼 때 높은 것으로 판단되었다. 단 SP 조사시 연구목적과 응답자의 응답편의를 줄일 수 있는 설문구성이 요구되며, 조사 후 획득자료에 대한 검증이 필요하다고 판단된다. 특히 가상적인 상황 설정으로 인한 전략적인 응답을 한 경우 지불용의액이 과대(과소) 추정될 수 있는 문제를 초래할 수 있으며 이에 따라 응답의 편의를 줄일 수 있는 설문구성과 분석방법의 개발이 필요하다.

본 연구를 통해 교통투자사업의 평가에 있어 환경적 요소를 고려할 수 있는 기초자료가 마련하였으며, 교통분야 뿐만 아니라 환경관련 정책의 수립 분석에 중요한 기초 결과가 제시되었다.

본 결과가 교통분야에 더욱 유용하게 사용되기 위해서는 교통투자사업 또는 교통관리에 따른 교통량의 변화와 대기오염물질 배출량의 관계에 대한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단된다. 이 연구가 이루어지면 본 연구가 제시한 결과치는 교통투자사업의 편익/비용 분석에 중요하게 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

특히 본 연구는 대기오염에 대한 화폐적 가치를 제시함에 있어 신뢰도를 바탕으로 신뢰구간을 제시함으로써 화폐적 가치의 신뢰성에 대한 문제를 어느 정도 극복할 수 있을 것으로 기대되며, 다양한 연구 목적에 따라 사용될 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구의 한계로서는 조사지역이 전국에서 환경오염이 심한 서울지역에서 조사가 한정되었다는 점이며 이에 대한 앞으로의 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 김강수(2001), "교통환경관련 사회적 비용의 계량화(2단계)", 교통개발연구원.
2. 광승준·조준모(1996), "자동차의 이산화질소 배출로 인한 대기오염의 사회적 비용 분석", 교통정

6) 2000년도 인구주택총조사, 2001. 10 통계청.

- 책연구, 제3권 제3호, pp.51~72.
3. 신의순(1992), "환경피해비용의 경제적가치 추정", 환경관련 사회비용의 계량화, 산업경영연구소 심포지움.
 4. 이성원·이명미(2000), "교통환경관련 사회적 비용의 계량화(1단계)", 교통개발연구원.
 5. 이왕기(1996), "아파트 가격에 내재한 경관조망 가치의 측정 및 분석".
 6. 이학우(1992), "부산시 고층주거 단지의 주거 편의도와 주택가격의 상관관계 연구", 부산대, 석사학위논문.
 7. 임영식·전영섭(1993), "해도닉 가격기법을 이용한 대기질 개선시의 편익추정", 자원경제학지.
 8. 임영태(2000), "대도시 도로주변 아파트가격에 내재된 자동차 소음가치 추정에 관한 연구", 서울시립대학교 박사학위논문.
 9. 엄영숙(1998), "대기오염이 건강에 미치는 영향에 대한 가치평가 : 회피행위접근법을 사용하여", 환경정책연구.
 10. 장영재(1993), "주택의 목시적 가격과 교육의 수요", 인제논집, 제9권 제2호, pp.573~584.
 11. 조준모(1996), "대기오염의 사회적 비용, 21세기 대기정책 수립을 위한 대토론회 요약집", 한국대기보전학회.
 12. 한화진·오소영(1998), "대기오염 건강피해에 관한 연구", 한국환경정책·평가연구원.
 13. 허세림(1994), "해도닉 가격기법을 이용한 주택 특성의 잠재가치측정", 주택연구, 제2권 제2호, pp.27~42.
 14. 홍갑선(1999), "교통관련 사회환경비용의 내재화방안", 교통개발연구원.
 15. 환경부(2000), "환경백서".
 16. 환경부(2001), "환경백서".
 17. 환경부(2000), "환경통계연감".
 18. Arrow, K., R. Solow, P.R.Portney, E. E. Leamer, R. Radner and H. Schuman(1993), "Report of the NOAA Panel on Contingent Valuation", Federal Register, January 15, Vol.58, No.10, pp.4601~4614.
 19. Ben-Akiva, M. and S. R. Lerman(1985), "Discrete Choice Analysis", The MIT Press, New York.
 20. Braden, J. B. and Kolstand, C. D.(eds) (1991), "Measuring the Demand for Environmental Quality, Contributions to Economic Analysis", No.198, North-Holland.
 21. ECMT(1998), "Efficient Transport for Europe".
 22. ECMT(1994), "Internalising the Social Costs of Transport".
 23. ECMT(1996), "Towards Fair and Efficient Pricing in Transport", European Commission.
 24. Hunt, J. D., McMillan, J. D. P. and Abraham, J.E.(1994), "Stated Preference Investigation of Influences on Attractiveness of Residual Locations", Transportation Research Record 1466, pp.17~35.
 25. Kemp, M. A. and C. Maxwell(1993), "Exploring a Budget Context for Contingent Valuations Estimates", In Hausman, J. A.(ed.) Contingent Valuation. A Critical Assessment. Contributions to economic analysis, no.220, North-Holland.
 26. Kocur, G. T., Adler, T., Hyman, W. and Aunnet, B.(1982), "Guide to Forecasting Travel Demand with Direct Utility Assessment", U.S. Department of Transportation, Urban Mass Transportation Administration Report, No. UMITA-NH11-C001-82-1, Washington, D.C..
 27. McFadden, D. and G. K. Leonard(1993), "Issues in the Contingent Valuation of Environmental Goods: Methodologies for Data Collection and Analysis". In Hausman, J.A.(ed.) Contingent Valuation. A Critical Assessment. Contributions to economic analysis, No.220, North-Holland.
- ☞ 주 작 성 자 : 김강수
 ☞ 논문투고일 : 2002. 5. 7
 논문심사일 : 2002. 7. 2 (1차)
 2002. 7. 18 (2차)
 심사판정일 : 2002. 7. 18
 ☞ 반론접수기간 : 2002. 12. 31