

다중이용시설 실내공기질 개선의 경제적 가치 추정: 서울시 지하역사를 중심으로*

홍종호** · 오형니***

본 연구에서는 최근 관심이 높아지고 있는 대표적인 다중이용시설인 지하철역사(驛舍)의 실내공기질 개선에 대한 경제적 가치를 추정하였다. 조건부가치추정법(CVM)을 적용하기 위해 최우추정법에 의한 단일방정식모형 추정결과 내생성이 발견되어 recursive system에 의한 연립방정식모형을 적용하였다. 지하역사 공기질 개선을 위해 지불할 의사가 있는 금액은 가구당 연평균 5,314원, 서울시 전체에 대해서는 약 177억 6,000만 원으로 추정되었다. 장시간 지하철역사에 근무하는 지하철 직원들의 경우 이보다 훨씬 높은 2만 3,208원의 지불의사액을 갖는 것으로 나타났다.

핵심주제어: 다중이용시설, 실내공기질, 경제적 가치, 조건부가치추정법
경제학문헌목록 주제분류: Q2, C2, D6

I. 서 론

최근 ‘웰빙’을 추구하는 사회분위기 속에서 수면시간을 제외한 80%의 시간을 보내는 집안, 사무실, 학교, 병원, 지하철, 실내마켓 등 실내환경에 대한 사람들의 관심이 커지고 있다. 특히, 실내 공기오염이 실외보다 더 열악할 수 있다는 조사결과가 잇따라 발표되면서 과거 주로 수질오염, 쓰레기, 토양오염 등 실외 오염문제에 집중되었던 환경에 대한 우려가 ‘실내공기’로 확산되고 있다.

실내 공기오염문제는 비단 우리 나라만의 현상은 아니며 대부분의 산업화된

* 본 논문은 환경부의 2005년도 위탁연구과제인 “다중이용시설 기준합리화에 대한 실태조사”의 연구내용 중 일부를 학술논문으로 재구성한 것이다. 연구비를 지원한 환경부에 감사드린다.

** 한양대학교 경제금융대학 부교수(제1저자), 전화: (02) 2220-1024, E-mail: jhhong@hanyang.ac.kr

*** Department of Economics, West Virginia University 조교수(공동저자), E-mail: Hyungna.Oh@mail.wvu.edu

논문투고일: 2006. 10. 25 수정일: 2006. 11. 24 게재확정일: 2006. 11. 29

국가들에서 공통적으로 나타나는 특징이다. UN 산하 세계보건기구(WHO)는 세계 10억의 사람들이 집안과 직장에서, 그리고 대중교통수단을 이용하면서 실내 공기오염의 위험에 노출되어 있다고 경고한 바 있다(UN, 2000).

정부는 실내 환경오염이 심각한 수준에 이르렀다는 판단하에 2003년 5월 「다중(多衆)이용시설에 대한 실내공기질 관리법」(이하 관리법)을 제정, 많은 사람이 이용하는 다중이용시설의 공기질을 관리할 수 있는 법적 장치를 마련하였다. 「관리법」은 1996년 제정된 지하공기질 관리법을 대폭 개정하여 지하철 역사는 물론, 지하마켓, 공공도서관, 박물관, 메디칼 센터, 실내주차장, 버스터미널의 대기실, 기차 역사, 비행장과 항구의 어린이 보호시설, 노인들을 위한 의료센터, 장례식장, 사우나, 산후조리원, 대형 마켓 등 17개 다중이용시설로 규제대상을 확장한 것이다.

규제대상 시설범위의 확대와 더불어 정부는 미세먼지(PM10), 이산화탄소(CO₂), 포름알데히드(HCHO), 박테리아 개체수(total bacteria counts: TBC), 일산화탄소(CO) 등 주요 실내공기 오염물질에 대해 기준치를 강화하였다. 이에 따라 낙후된 다중이용시설은 정부가 정한 오염기준치에 맞추기 위해 환기시설과 공기청정 장치를 설치하거나 개선해야 한다.

특히, 대표적인 대중교통수단인 지하철의 경우 그 해당 역사는 지하에 위치하고 있다는 특징과 함께 대표적인 다중이용시설로 인식되면서 실내공기질 오염에 대한 우려가 높아지고 있는 실정이다. 지하철 역사는 수도권외의 경우 하루 700여만 명이 이용하는 지하철의 부대공간으로서, 이용자 및 지하철 근무직원의 건강과 대도시 대기오염 개선을 위한 가장 효과적인 대안이라고 할 수 있는 대중교통의 활성화를 위해서 적정 실내공기질 유지가 필요하다고 할 수 있다.

실내 공기오염은 실내외에서 발생한 다양한 오염물질이 밖으로 빠져 나가지 않고 실내에 축적됨에 따라 대부분의 시간을 실내에서 생활하는 현대인들의 건강을 위협하는 요인으로 지목되고 있다. 미국의 실내공간을 대상으로 오염물질의 종류, 오염원의 발생지, 그리고 실외 대비 실내오염원 농도의 정도를 조사한 Spengler and Sexton(1983)의 연구는 오염물질에 따라서는 실내의 오염수준이 실외보다 심각할 수 있음을 시사해 준다(부록 <부표 1> 참조). 특히, 각종 호흡기 질환과 심할 경우 암을 유발할 수 있는 질소 및 탄소화합물, 라돈, 포름알데히드, 석면, 미세물질 등의 실내공기 오염농도는 실외보다 훨씬 높아 실내 공기오염의 심각성을 보여 주고 있다.

실내공기가 현재와 같은 수준으로 악화된 이유 중의 하나로 실내 공기오염과

실외 공기오염에 대한 인식 차이를 들 수 있다. 외국의 사례연구(Spengler and Sexton, 1983)에 따르면 실외공기는 그 오염의 피해와 개선에 따른 이익을 공동체(community)가 공유하는 ‘공공재’로서 인식되는 데 반해, 실내공기는 오염의 피해와 개선이익이 ‘개인’ 차원에 국한되는 ‘사유재’로 인식되는 경향을 보인다. 이러한 차이는 공기오염을 줄이는 환경정책의 범위를 ‘실외’로 한정시키고, 실내 공기오염을 개선하려는 노력은 ‘개인의 비용’에 의한 ‘개인의 선택’으로 남겨두는 대응방식의 차이를 가져왔다.

경제학계도 예외는 아니다. 미국 정부가 집단주거공간이나 비상업적 실내공간의 공기질에 대한 규제정책을 마련하려 했을 때 이용자가 한정되어 있는 개인의 주거공간과 같은 실내공간의 경우, 오염 정도를 측정하고 규제하는 것이 비용면에서나 개인의 선택을 정부가 제한한다는 측면에서나 한계가 있다고 보았다. 따라서 정부가 실외의 대기문제에 대해 「대기청정법(Clean Air Act)」을 적용한 것과 같이 실내공기질을 규제, 관리하는 것은 적절하지도(optimal), 바람직(desirable)하지도 않다고 생각하였다(Spengler and Sexton, 1983).

그러나 실내공간 중 많은 사람들이 이용하는 학교, 사무실, 상업빌딩, 마켓, 병원, 버스대합실 및 지하철 역사 등 다중이용시설은 개인의 실내 주거공간과는 다른 특징을 가지고 있다. 본 연구의 대상인 지하철역사의 경우 무엇보다도 실내 공기오염의 피해나 개선에 따른 이익이 사회 전체에 영향을 미치게 된다. 일례로 미국 뉴욕시는 지난 2004년 지하철 이용자들의 실내공기 오염노출현황을 조사하여 보고서를 발표하였다(*Toxic Exposure Assessment: A Columbia-Harvard Study*, 이하 TEACH). TEACH에 의하면 실내공기가 오염된 지하철을 이용하는 학생들이 오염물질에 노출되는 정도는 그렇지 않은 학생들에 비해 현저하게 높으며, 오염된 실내에서 생활한 학생들은 건강뿐만 아니라 학업성취도 면에서도 그렇지 않은 학생에 비해 떨어지는 것으로 나타났다. 결과적으로 실내 공기오염은 가계의 의료비 및 교육비 부담을 늘릴 뿐만 아니라 사회 전체의 생산성을 떨어뜨리는 결과를 초래한다. 따라서 다중이용시설의 실내공기질을 개선할 때 얻어지는 이익은 이용자 개인들에게만 한정되는 것이 아니라 사회 전체에 공유되는 경향이 강하다고 할 수 있다. 지하철역을 포함한 다중이용시설에 대한 공공정책의 필요성이 정당화되는 이유이다.

다중이용시설의 실내환경질과 위해성에 대한 관심이 높아지고는 있으나 관련 연구는 아직 초보적인 단계에 머물러 있는 실정이다. 지하철역 공기질의 경우, 국내는 물론 해외에서도 체계적인 연구결과는 별로 제시되어 있지 않다. 이러

한 가운데 TEACH에 따르면 지하철 이용자는 비이용자에 비해 금속성 유해면지에 대한 노출이 심각한 것으로 나타났다. 재미있는 사실은 에어컨이 작동하고 있는 지하철 차량보다는 지하역사의 미세먼지수준이 5~10배 가량 높은 것으로 보고된 것이다. 그 원인으로는 전동차량 내 에어컨이 공기순환을 유발하여 유해한 금속성 미세먼지를 배출시키는 효과가 있는 반면, 지하역사는 공기순환이 극히 제한되어 있다는 사실이 제시되었다. 이를 근거로 TEACH는 지하역사에서 보낸 시간이 지하철 차량을 이용한 시간보다 인체에 대한 위해성 정도를 결정하는 중요 변수라고 밝히고 있다.

서울시 지하역사의 실내오염수준 역시 이미 대기오염수준을 넘어 우려할 수준에 도달한 것으로 조사되고 있다. 서울시 보건환경연구원(2005년)이 오염이 심한 4개 지하역사를 대상으로 조사한 결과에 따르면, 평균 미세먼지농도(단위 = $\mu\text{g}/\text{m}^3$)는 환기구 인근 50.2, 대합실 62.8, 승강장 113.5로 실외대기의 미세먼지농도를 크게 초과하는 것으로 나타났다. 이에 따라 최근 서울시는 환경부가 제정한 「관리법」보다 강화된 「서울시 다중이용시설 실내공기질 유지기준에 관한 조례」를 제정·공포하였다.¹⁾

지하역사의 실내환경 개선을 위해서는 공기오염의 발생 매커니즘과 각 오염물질의 특성을 이해하고, 공기오염 저감을 위한 적정 설비의 개발과 설치를 위한 노력이 필요하다. 그러나 동시에 지하철 이용자들이 지하역사 내 공기오염에 따른 피해와 개선에 대해 부여하고 있는 경제적 가치를 분석하는 연구가 요구된다. 이러한 연구는 특정 환경문제 및 환경개선사업의 시행 여부를 화폐적 가치라고 하는 단일기준에 따라 결정할 수 있게 함으로써 보다 합리적인 정책 결정을 위한 기초자료를 제공한다.

본 연구는 처음으로 시도되는 지하역사 실내공기질 개선에 대한 경제적 가치 추정 연구이다.²⁾ 방법론으로는 비시장재의 경제적 가치추정에 많이 사용되는 조건부가치추정법(CVM)을 적용하였다. 본 연구에서는 서울시 지하철 8개 노선 이용자들에 대한 설문조사를 통해 ① 시민들이 느끼는 지하역사 실내 공기오염의 정도와 문제점을 파악하고, ② 시민들이 지하역사의 깨끗한 공기에 대해 부여하고 있는 경제적 가치를 추정하는 한편, ③ 그 가치를 결정짓는 주요 요인

1) 서울시가 제시한 구체적인 기준에 대해서는 부록의 <부표 2>를 참조하기 바란다.

2) 서울시 지하철 공기질 개선에 대한 가치추정연구는 서울시정개발연구원(2004)에서 수행한 바가 있다. 그러나 이 연구는 표본을 250명으로 제한함으로써 본격적인 실내공기질 가치추정에 관한 연구라고 보기에는 무리가 있다. 샘플링 에러를 줄이기 위해 CVM 연구에서는 대체로 표본수 1,000명을 사용하는 것이 일반적이다.

이 무엇인지를 밝힘으로써, ④ 정부 차원의 효율적인 실내공기질 개선사업 시행 여부를 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

본문의 구성은 다음과 같다. 제Ⅱ절에서는 자료 추출을 위한 설문조사 설계방법을 서술하고, 제Ⅲ절에서는 지불의사금액 추정을 위한 계량모형에 대해 상술한다. 제Ⅳ절에서는 추정결과를 통해 지하역사 실내공기질 개선에 대한 경제적 가치를 분석한다. 제Ⅴ절은 결론과 향후 과제에 대해 약술한다.

II. CVM 적용을 위한 설문조사 설계

본 연구에서 설문조사를 통해 경제적 가치를 평가하고자 하는 대상은 지하철역사의 실내 공기오염과 이와 관련한 대기환경 개선사업이다. 이러한 목적을 달성하기 위해 응답자가 설문지의 문항에 답하는 가운데 자연스럽게 실내 공기오염의 정도 및 잠재적 위해성을 인지하고, 자신의 직·간접적 피해 경험에 따른 경제적 비용 및 실내공기 개선사업의 가치를 인지할 수 있도록 설문지를 설계하였다. 또한 이 과정에서 정부가 지하역사의 공기질을 개선하기 위한 정책을 추진할 계획에 있으며, 이를 위해서는 추가적인 재원이 필요함을 응답자가 인식할 수 있도록 하였다.

실내공기질 개선사업에 대한 지불의사액을 확보하는 방안으로는 가장 신뢰할 수 질문방식으로 평가되고 있는 투표형 질문방식을 채택하였다. Hanemann, Loomis, and Kanninen(1991)에 따르면 투표형 질문방식에 있어 질문이 한 차례만 주어지는 일단계 투표형(one-stage referendum) 방식보다는 첫 번째 설문조사의 질문에 대한 응답에 따라 두 번째 질문이 주어지는 이단계 투표형(two-stage referendum) 방식이 비교적 적은 비용으로 필요한 수준의 표본수를 확보할 수 있어 보다 효율적인 것으로 되어 있다. 이에 본 연구에서는 이단계 투표형 질문방식을 기본적으로 적용하되, 후술하는 바와 같이 이를 약간 변형하여 사용하였다.

전형적인 이단계 투표형 질문방식에서는 미리 설정해 놓은 다양한 지불의사액들 중에서 무작위로 추출한 하나의 금액에 대해 지불할 용의가 있는가를 응답자에게 질문한 뒤, 응답자가 “예”라고 대답할 경우 처음 물었던 금액의 2배에 해당하는 금액을 두 번째로 질문한다. 반면, 만약 응답자가 “아니요”라고 대답할 경우 최초 금액의 절반에 해당하는 금액을 다시 질문하게 된다. 그러나

사전(事前) 설문조사 결과 다수의 응답자가 실내공기질수준이 이용자의 건강에 부정적인 영향을 줄 것임을 우려하면서도 정부의 개선사업을 위해 실제 지불하고자 하는 금액은 상대적으로 매우 적은 경향이 있음을 확인할 수 있었다. 따라서 본 연구에서는 이러한 경향을 최종 설문지에 반영하였다. 즉, 두 번의 제시금액에 대해 모두 “아니요”라고 답한 응답자에 대해서는 “단 1원도 지불할 의사가 없는가?”라는 질문을 추가함으로써 해당 응답자의 지불의사액이 0원인지 여부를 파악하고자 하였다.

투표형 질문방식의 설문조사를 설계할 때 고려하여야 할 또 다른 사항은 설문조사시 주어지는 제시금액의 분포가 적절하게 구성되었는가 하는 점이다. 투표형 질문방식을 통해 CVM모형을 추정할 경우 추정의 효율성은 설문조사에서 제시하는 지불의사금액의 분포에 달려 있다. 제시금액의 분포가 지불의사액의 분포와 비슷하게 구성될수록, 다시 말해 제시금액이 지불의사액과 같은 위치(location)와 척도(scale)로 분포될수록 제시금액의 추정은 효율적으로 이루어지게 된다. 이 문제 역시 본 연구에서는 두 번에 걸친 사전 설문조사와 그에 대한 분석을 통하여 해결하고자 하였다.

개방형 질문방식으로 응답자 51명에 대해 사전 설문조사를 수행하여 얻어진 지불의사금액 분포를 이용하여 3,000원, 5,000원, 1만 원, 2만 원, 5만 원, 10만 원의 6가지 금액을 최종적으로 선정하였다. 사전 설문조사를 통하여 수정·확정된 설문지에 기초하여 본조사는 2005년 10월 25일부터 11월 18일까지 서울 소재 지하철역을 기준으로 성인 남녀 1,000명에 대해 대인면접을 통해 이루어졌다. 표본은 전체 지하철역의 이용자수에 비례하여 공정할당 후 무작위 추출하였다.

III. 추정모형

1. 단일방정식과 최우추정법

조건부가치추정모형은 처음에 Hanemann(1984) 등에 의해 전통적인 임의효용이론(random utility theory)에 근거한 이산선택모형(discrete choice model)으로 개발되었다. 임의효용이론에 따르면 한 개인의 효용은 결정된 선호부분과 확률적 선호부분으로 나누어진다. 결정된 선호부분은 지불의사액 추정모형을 통해 파

악되는 효용인데 반해, 확률적 선호부분은 응답자들 자신은 자신의 효용의 일부로 파악하고 있다고 하더라도 설문 및 모형 추정과정에서 연구자들에게는 파악되지 않는 부분이다. 이는 응답자의 개인적 특성, 가치평가 대상에 대한 불확실성, 추정오차 등에 기인한다.

일반효용함수에 확률적 부분(e)를 고려하여 간접효용함수를 정의하면 다음과 같다.

$$v(M, Z, E, e). \tag{1}$$

- 여기서, M : 개인의 가처분 소득
- Z : 개인의 사회경제적 특성 등 설명변수 벡터
- E : 지하역사 내 공기질
- e : 연구자들에게 관찰되지 않은 개인의 확률적 선호부분

만약 개인 i 가 현재 E_0 수준에 머물러 있는 지하역사의 공기질이 정부의 대기개선사업에 의해 E_1 으로 향상될 것으로 예상한다면 그의 보상잉여(CS)는 다음의 관계를 만족시킨다.

$$v(M_i, Z_i, E_0, e_i) = v(M_i - CS_i, Z_i, E_1, e_i). \tag{2}$$

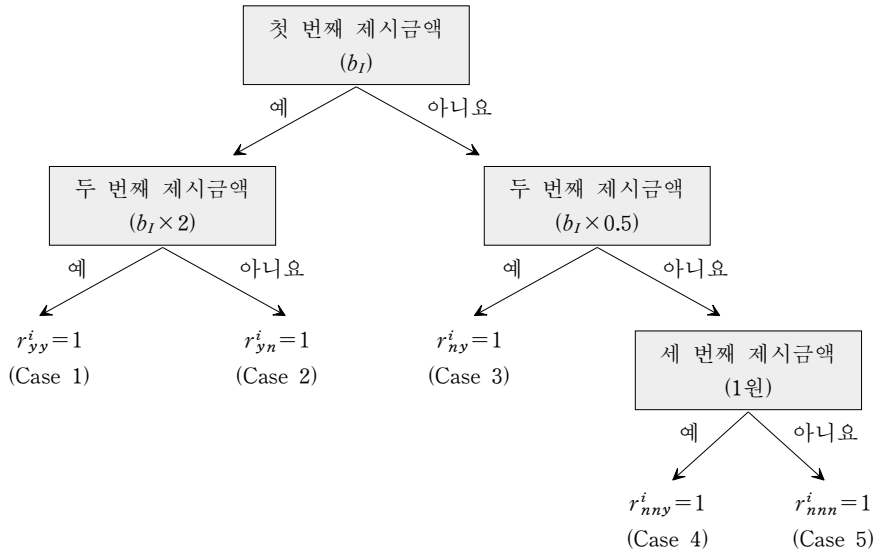
식 (2)로부터 도출된 보상잉여는 아래의 식 (3)으로서, 개인 i 가 E_0 에서 E_1 으로 공기질을 개선시키는 데 따른 최대 지불의사액(maximum WTP)을 나타낸다.

$$CS_i = WTP_i = f(M_i, Z_i, E_0, E_1, e_i) = X_i' \beta + e_i. \tag{3}$$

- 여기서, $X_i = [M_i, Z_i]$: i 의 소득, 나이, 학력, 개선사업에 대한 기대치 등 설명변수들의 벡터
- β : 설명변수들의 계수벡터
- e_i : 오차항

이단계 투표형 설문방식은 개인이 마음 속에 가지고 있는 지불의사액을 직접 질문하지 않고 미리 준비된 금액을 두 번 제시하여 “예” 또는 “아니요”로 답한 응답에 의해 응답자의 잠재적 지불의사액 WTP_i^* 를 추정하게 된다. <그림 1>은 두 번에 걸친 투표형 질문에서 얻어질 수 있는 다섯 가지 응답유형을 정리한 것이다.

먼저 첫 번째 응답유형인 (Case 1)을 살펴보면, 응답자 i 가 처음 제시받은 금액(b_j)을 지불할 의사가 있는 경우 두 번째 제시금액은 보다 높은 금액인 b_h 가 제시된다. 두 번째 금액도 지불할 의사가 있는 경우 응답자의 잠재적 WTP_i^* 는



〈그림 1〉 이단계 투표형 설문조사과정의 설계

최소한 b_H^i 로, $WTP_i^* \geq b_H^i$ 의 관계가 성립된다. 주어진 설명변수로부터 응답자 i 가 두 번 모두 지불할 의사가 있다고 답할 확률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Pr(r_{yy}^i = 1) &= \Pr(WTP_i^* \geq b_H^i) = \Pr(X_i' \beta + e_i \geq b_H^i) \\ &= \Pr(e_i \geq b_H^i - X_i' \beta). \end{aligned} \tag{4}$$

만약 식 (3)의 오차항이 평균이 μ 이고 표준편차가 σ 인 정규분포를 따른다면 위의 확률은 표준정규분포의 누적확률함수를 이용하여 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} \Pr(r_{yy}^i = 1) &= \Pr\left(\frac{e_i}{\sigma} \geq \frac{b_H^i - X_i' \beta}{\sigma}\right) = 1 - \Pr\left(z_i < \frac{b_H^i - X_i' \beta}{\sigma}\right) \\ &= 1 - \Phi\left(\frac{b_H^i - X_i' \beta}{\sigma}\right) = 1 - F(b_H^i). \end{aligned} \tag{5}$$

여기서는 $F(b_k^i)$ 는 제시된 금액 b_k^i 를 대입하여 계산된 표준정규분포의 누적확률을 나타낸다 [$F(b_k^i) = \Phi(b_k^i - X_i' \beta / \sigma)$].

주어진 제시금액하에서 두 번째 유형의 응답(Case 2)이 얻어질 확률은 응답자의 잠재적 WTP_i^* 가 $b_j^i \leq WTP_i^* < b_H^i$ 일 확률과 같다. 즉, 두 번째 유형이 응답될 확률은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \Pr(r_{yn}^i = 1) &= \Pr(b_L^i \leq WTP_i^* < b_H^i) = \Pr(b_i^i \leq X_i' \beta + e_i < b_H^i) \\
 &= \Pr(b_i^i - X_i' \beta \leq e_i < b_H^i - X_i' \beta) \\
 &= \Phi\left(\frac{b_H^i - X_i' \beta}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{b_i^i - X_i' \beta}{\sigma}\right) \\
 &= F(b_H^i) - F(b_i^i). \tag{6}
 \end{aligned}$$

위와 같은 방식으로 다섯 가지 응답 확률을 모두 구한 후 로그를 취하여 얻어진 i 번째 응답자³⁾의 로그우도함수는 식 (5)와 같다(Cameron and Quiggin, 1994). 이는 Turnbull의 로그우도라고도 불리는데, 첫 번째와 두 번째로 제시된 금액의 차이가 개인별로 일정하지 않은 상태에서 생존분석법(survival analysis)을 이용하여 지불의사액을 추정하기 위해 정의된 것이다(Turnbull, 1976).

$$\begin{aligned}
 l_i &= r_{yy}^i \ln[1 - F(b_H^i)] + r_{yn}^i \ln[F(b_H^i) - F(b_i^i)] + r_{ny}^i \ln[F(b_i^i) - F(b_L^i)] \\
 &\quad + r_{ny}^i \ln[F(b_L^i) - F(1)] + r_{nn}^i \ln F(1). \tag{7}
 \end{aligned}$$

여기서, b_L : 응답자가 처음에 제시받은 금액
 b_I : 두 번째 응답에서 낮추어 제시된 금액
 b_H : 두 번째 응답에서 높여 제시된 금액

위의 <그림 1>에서 볼 수 있듯이 두 가지 제시가격 모두에 대해 “아니요”라고 답한 경우에 한하여 1원의 금액이 세 번째로 제시되었는데, 위의 로그우도함수에서는 $F(1)$ 이 세 번째 가격에 대한 누적확률함수를 나타낸다.

식 (8)은 응답자 1,000명의 개별 우도함수를 합한 것으로서 최우추정법에 따른 추정결과가 <표 1>의 모형 1에 나타나 있다.

$$\begin{aligned}
 L(\beta, \sigma) &= \sum_{i=1}^N \{ r_{yy}^i \ln[1 - F(b_H^i)] + r_{yn}^i \ln[F(b_H^i) - F(b_i^i)] \\
 &\quad + r_{ny}^i \ln[F(b_i^i) - F(b_L^i)] + r_{ny}^i \ln[F(b_L^i) - F(1)] \\
 &\quad + r_{nn}^i \ln F(1) \}. \tag{8}
 \end{aligned}$$

3) 이후 i 번째 응답자를 나타내는 첨자 i 는 표현의 단순화를 위해 꼭 필요한 경우가 아니면 생략한다.

〈표 1〉 지불의사액(WTP, y_i^*) 추정을 위한 모형 1 및 모형 2 추정결과

변수명		모형 1		모형 2	
		추정계수	표준오차	추정계수	표준오차
상수항	INT	-42,453.0**	17,663.9	-47,169.0**	18,143.9
성별	SEX, 여성=1	2,376.18	2,728.08	2,537.07	2,752.85
나이	AGE	8.860	153.173	53.897	154.477
가계소득	F_INCOME	0.1886	11.888	2.029	12.047
교육	EDU	152.091	536.052	283.653	540.12
가장	D_HHOLD	-538.39	3,036.78	-576.49	3,050.75
자녀	D_KID	-2,525.3	2,984.09	-2,801.7	3,000.57
환경단체 가입	D_NGO	2,119.16	5,374.64	2,255.82	5,371.85
정규직	D_PERMJOB	2,006.16	2,530.35	2,485.39	2,543.26
사무직	D_WHITE	2,429.64	2,765.01	2,643.60	2,778.52
지하철 직원	D_SUBEMP	24,826.8**	5,237.02	26,285.6**	5,288.04
지하철 청소직	D_GENITER	-21,679.0**	9,877.69	-26,260.0*	10,337.5
가족 병원방문일수	F_SICK_DAY	-74.125	72.679	-71.807	73.112
본인 병원방문일수	S_SICK_DAY	143.710	122.713	144.958	123.248
가족 병원비지출액	F_MED_EPD	51.355**	23.739	52.443**	23.850
본인 병원비지출액	S_MED_EPD	-11.658	21.044	-13.803	21.051
추가 보험가입	D_2INSUR	5,618.52**	2,657.37	5,515.47**	2,696.27
정기적 지하철 이용	D_MAINMODE	-205.74	2,646.92	83.653	2,667.51
주평균 이용시간	TIME_SUBWAY	7.233*	4.102	7.1000*	4.126
지하철 이용연수	HOW_LONG	122.621	165.792	105.299	167.786
향후 이용계획	FUTURE_PLAN	-71.325	1,464.74	-495.21	1,493.29
지하역사_오염인지	D_INFORMED	5,018.80	3,589.63	3,181.48	3,665.58
실내오염>실외오염	D_WORSE	-2,745.0	2,898.49	-2,698.7	2,959.3
열악노선이용	D_BADLINE	-313.98	2,144.83	-1,275.8	2,176.93
건강피해 경험	D_EXPER	-2,745.0	2,898.49	-3,558.6	2,908.09
유해정도 평가	HTH_EFF	256.103	2,188.71	233.539	2,211.63
유해우려대상_자신	D_W_ME	-2,802.6	3,239.41	-3,187.7	3,296.38
유해우려대상_가족	D_W_FAM	2,681.95	2,892.26	2,724.34	2,905.11
유해우려대상_후손	D_W_DES	3,593.56	3,216.37	3,845.55	3,263.68
개인적 노력	D_EFFORT	5,569.64	3,894.87	6,243.43	3,942.78
다른 교통수단 부재	D_NOALT	-2,549.2	2,051.44	-3,079.1	2,072.17
중요도(사회)_환경	V_ENVIRO	-2,662.5*	1,616.55	-2,701.0	1,636.41
중요도(사회)_경제	V_GROWTH	-1,761.9	1,698.46	-2,210.6	1,714.44
중요도(개인)_부	V_WEALTH	-1,198.6	1,815.07	-1,581.2	1,838.05
중요도(개인)_건강	V_HEALTH	410.325	1,709.24	-7.427	1,723.35
환경우려_실내오염	C_INDOOR	2,144.57*	1,285.96	1,637.93	1,306.58
개선효과 기대수준	PROJ_EFFECT	8,784.10**	1,893.80	8,467.77**	1,906.00
건강효과 기대수준	PJ_HTH_EFF	-2,300.6	1,998.54	-2,302.2	2,011.92
개선사업 찬성	D_YES_PROJ	12,041.9**	3,370.22	25,473.1**	7,021.32
1호선	D_LINE1	12,329.1**	6,175.99	12,334.8**	6,171.70
2호선	D_LINE2	15,668.0**	5,689.29	16,232.2**	5,689.59
3호선	D_LINE3	16,173.3**	5,967.03	15,682.7**	6,029.80
4호선	D_LINE4	15,283.7**	5,972.22	16,524.9**	6,000.49
5호선	D_LINE5	7,995.64	5,885.38	7,549.32	5,877.97
6호선	D_LINE6	10,398.9	6,382.89	10,416.2	6,391.37
7호선	D_LINE7	16,876.4**	5,911.23	16,092.3**	5,915.87
y_2 추정오차	\hat{v}_2			-15,763.0**	6,727.93
(확률분포의 형태)	Scale	24,443.0	916.627	24,418.2	921.893
Log Likelihood		-1,592.6		-1,478.1	

주: **와 *로 표시된 값들은 각각 5%, 10% 유의수준하에서 통계적으로 유의함을 의미함.

2. 단일방정식모형의 내생성 진단

본 연구에서 이용된 추정방법은 Hazard function을 이용한 일종의 생존분석법이다. 이 때 설명변수의 내생성이 존재할 경우 추정치에 편의가 발생하게 된다. 이러한 내생성을 판단하는 기준으로는 SLR통계값(simplified likelihood ratio statistic), 일종의 Psuedo Wald 통계값인 SB통계값(Smith and Blundell statistic, Smith and Blundell, 1986), 그리고 Hasuman 통계값 등이 이용된다(Smith, 1987).

추정모형 (8)에서 “정부의 실내공기질 개선사업에 찬성하는가?”라는 질문으로 얻어진 더미변수 “D_YES_PROJ”의 내생성이 의심되었다. 따라서 아래와 같은 방법으로 주어진 설명변수의 내생성을 검정하였다. 설명변수 벡터(X)를 내생성이 의심되는 변수 $y_2(=D_YES_PROJ)$ 와 그렇지 않은 외생변수 벡터 X_1 로 분리하여 다시 정의하면 다음과 같다.

$$y_1^* = WTP^* = X'\beta + u = y_2'\gamma_1 + X_1'\beta_1 + u_1. \quad (9)$$

여기서 $y_2(=D_YES_PROJ)$ 는 개선사업에 찬성할 경우 1, 반대할 경우 0값을 가지는 더미변수이다. 관찰된 y_2 값은 관찰되지 않은 개선사업에 대한 호감도를 나타내는 잠재변수 y_2^* 값에 의해 결정된다. 만약 y_2 의 값이 외생적으로 결정된다면 원래의 모형 1에 의해 추정된 $\hat{\beta} = [\hat{\gamma}_1, \hat{\beta}_1]'$ 이나 \hat{y}_1^* 은 첫 번째 응답과 두 번째 응답의 오차항이 서로 독립적이라는 가정하에 추정편의나 오차를 가지지 않게 된다.

그러나 만약 개선사업에 대한 찬반, 다시 말해 관찰된 y_2 값이 응답자의 사회경제적 변수들에 의해 결정된다면 y_2 는 내생성을 가지게 되며, 결과적으로 식 (8)에 의거한 모형 1은 내생성의 문제를 가지게 된다고 할 수 있다. 식 (10)은 y_2 가 내생적으로 결정된다는 가정하에 이를 관찰되지 않는 사업에 대한 호감도 및 호감도를 결정짓는 또 다른 설명변수 벡터로 정의한 것이다.

$$y_2^* = X_2'\Pi_2 + \bar{w}_2, \\ y_2 = I(g(y_2^*)) = \begin{cases} 1, & \text{when } y_2^* > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}. \quad (10)$$

두 번째 모형에서는 \bar{w}_2 가 표준정규분포를 따른다는 가정하에 Probit모형을 이용하여 y_2 의 값이 1일 확률을 $\hat{y}_2^* = \Phi(X_2'\hat{\Pi}_2)$ 로 추정하고, 내생성이 의심되는

설명변수 y_2 의 추정오차를 $\hat{v}_2 = y_2 - \hat{y}_2^* = y_2 - \Phi(X_2' \hat{\Pi}_2)$ 로 계산하였다.

내생성을 판단하기 위한 모형은 식 (9)에 $y_2 = \Phi(X_2' \hat{\Pi}_2) + \hat{v}_2$ 를 대입하여 정의한 것으로 식 (11)과 같다.

$$y_1^* = y_2' \gamma_1 + X_1' \beta_1 + u_1 = y_2' \gamma_1 + X_1' \beta_1 + v_2' \alpha + \varepsilon_1. \quad (11)$$

여기서 ε_1 은 평균이 0인 정규분포를 따른다고 가정한다. 만약 y_2 가 외생적으로 결정된다면, $\sigma_{12} = \text{cov}(u_1, \bar{w}_2)$ 과 $\tilde{\sigma}_{12} = \text{cov}(u_1, v_2)$ 은 각각 0이 되며 이 경우 $\alpha = 0$ 이 된다. 본 연구에서는 내생성이 없더라는 귀무가설하에 SB검정을 실시하였다.

$$H_0: \alpha = 0, H_1: \alpha \neq 0$$

앞의 <표 1>에 내생성을 고려하지 않은 모형 1과 추정식 (11)에 근거하여 y_2 의 추정오차를 반영한 모형 2의 추정결과가 각각 정리되어 있다. 추정결과에 근거한 SB통계값은 5.49로 유의수준 5% 가설검정의 기준값인 $\chi^2(0.05) = 3.84$ 보다 큰 것으로 나타났다. 따라서 내생성이 없더라는 귀무가설이 기각되었다.⁴⁾ SLR검정에서도 동일한 결과가 확인되었다.⁵⁾

이러한 분석결과에 기초하여 본 연구에서는 앞에서 제시된 단일방정식모형 대신 연립방정식모형을 사용하여 지불의사액을 추정하고자 한다. 즉, 두 개의 방정식을 2단계 최우추정방식을 이용하여 추정함으로써 내생성에 따른 편의를 줄이고자 하였다.

3. Recursive system CVM모형

Recursive system CVM모형은 설명변수 벡터에 하나 이상의 내생변수가 존재하는 경우 잠재적 지불의사액 WTP^* 를 구하는 데 사용할 수 있는 연립방정식 모형이다.

4) Hausman 검정에서는 귀무가설이 기각되지 않았다. 그러나 SLR검정이나 SB검정이 설명변수의 내생성 및 연립방정식모형 사용 여부를 결정하는 데 보다 기본적인 검정방법임을 감안하여 주어진 변수에 대한 내생성을 인정하게 되었음을 밝혀 둔다.

$$H = \frac{(\hat{\beta}_{D_yes_proj, 1} - \hat{\beta}_{D_yes_proj, 2})^2}{SE(\hat{\beta}_{D_yes_proj, 2})^2 - SE(\hat{\beta}_{D_yes_proj, 1})^2} = \frac{(8784.1 - 1893.8)^2}{1906.0^2 - 1893.8^2} = 2.16.$$

$$SB = \frac{(\hat{\beta}_v)^2}{SE(\hat{\beta}_v)^2} = \frac{15763.3^2}{6727.9^2} = 5.49.$$

5) $SLR = -2(L_1 - L_2) = 2(1502.6 - 1478.1) = 49.$

먼저 내생성이 확인된 D_YES_PROJ(=y₂)를 종속변수로 하는 Probit모형을 식 (12)와 같이 구축하여 정부의 실내공기질 개선사업에 찬성할 확률을 구한다. 이렇게 구한 확률을 식 (13)에 제시된 대로 추정모형의 설명변수 벡터에 포함시켜 잠재적 지불의사액 WTP*을 구하게 된다. 본 연구에서는 이 같은 연립방정식모형을 통해 지불의사액을 추정·분석하였다.

$$\text{첫 번째 방정식: } y_2 = \begin{cases} 1, & \text{if } y_2^* > 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad y_2^* = X_2' \Pi_2 + \bar{w}_2, \quad (12)$$

$$\text{두 번째 방정식: } y_1^* = WTP^* = X_1' \beta + u = \hat{y}_2' \gamma_1 + X_1' \beta_1 + e_1. \quad (13)$$

IV. 추정결과

1. 설문조사 결과

서울시 지하역사 및 인근에서 실시한 설문조사를 통해 1,000명의 응답자로부터 지하역사 공기질 개선에 대한 지불의사액을 설명할 수 있는 다양한 자료들을 확보하였다. 각 지하철 노선별 표본수는 전체 지하철 이용자의 노선별 분포를 반영하여 결정하였으며, 지하역사 상근자들이 실내공기질 개선사업에 대해 부여하고 있는 경제적 가치 및 후생효과를 분석하기 위해 50명의 지하역사 상근자를 표본⁶⁾에 포함시켰다. <표 2>는 설문조사를 통해 얻어진 표본의 대표적 특성을 정리한 것이다.

표본을 연령대별로 살펴보면, 20대 17.1%(2004년 기준 모집단 29%), 30대 29.3%(모집단 30.6%), 40대 34.7%(모집단 24.8%), 50대 이상 18.9%(모집단 15.6%)로 모집단에 비해 40대가 과도하게, 20대가 과소하게 대표된 것으로 나타났다. 이러한 차이는 전체 모집단 대비 40대의 지하철 이용비중이 상대적으로 높은 데서 연유한 것으로 보인다. 성별로는 남성과 여성이 각각 51.2%(모집단 50.2%)와 48.8%(모집단 49.8%)로 모집단과 유사한 비율을 보였다. 표본의 가족 1인당 월소득 역시 106만 6,000원으로 모집단의 평균 월소득 101만 8,000원과 큰 차이를 보이지 않았다. 그 밖의 다양한 설명변수들에 대한 기술적 통

6) 전체 표본과 비교하여 1호선과 4호선에서 상대적으로 많은 수의 지하철 직원이 응답자에 포함되었음을 밝혀 둔다.

〈표 2〉 표본의 주요 특성

사회경제적 특징	분 류	표 본
성 별	여성	488
	남성	512
연 령 별	20대	171
	30대	293
	40대	347
	50대	189
노 선 별	1호선	117
	2호선	235
	3호선	131
	4호선	120
	5호선	138
	6호선	72
	7호선	141
	8호선	46
소득수준	가족 1인당 월소득(만 원)	106.6

계량은 〈부표 3〉에 정리되어 있다.

설문조사에 따르면 수도권 지하철 이용자들이 1회 지하철을 이용하기 위해 지하철역 및 지하철 내에 머무는 시간은 평균 40.9분으로 조사되었다. 전체 응답자의 70% 이상이 현재 지하철을 자신의 주요 교통수단으로 이용하고 있고, 그 대부분이 향후에도 지하철을 주요 교통수단으로 이용할 계획인 것으로 나타났다.

지하역사의 먼지 및 오염물질이 건강을 해칠 수 있다는 이야기를 한두 번 들어본 응답자가 46.8%, 자주 들어본 응답자가 42.9%로, 전체 응답자의 89.7%가 지하철역사의 공기오염이 인체에 유해할 수 있다는 사실을 인지하고 있는 것으로 나타났다. 또한 응답자의 84.4%가 지상의 대기오염수준보다 지하철역사의 공기오염이 보다 심각하다고 응답하였다. 반면, 아직 대다수의 지하철 이용자들(76.3%)은 지하철을 이용하면서 건강상의 문제를 직접 경험하지는 않은 것으로 설문조사에서 나타났다. 즉, 실내공기가 오염되어 있다는 사실과 오염으로 인해 건강에 해가 될 수 있다는 ‘정보’나 ‘지식’은 충분하나, 장기간 오염에 노출된 이후에야 건강상의 문제를 일으키는 환경질환의 특성으로 인해 직접적인 건강상의 피해를 경험한 응답자는 적게 나타난 것으로 보인다.

이에 비해 지하역사에서 장시간을 보내는 지하철 직원들의 경우 52%가 지하철 역사 내에 있을 때 최소한 하나 이상의 건강상의 질환을 경험한 것으로 보고하였다. 이러한 경험은 지하철 직원의 실내공기질 개선사업에 대한 경제적 가치를 높게 평가하는 역할을 하였다. 건강상 문제를 느낀 시민들이 보고한 질환으로는 기침(전체 응답자의 11.1%)이 가장 많았으며, 그 외에 호흡곤란(6.8%), 두통(5.3%), 피로(4.5%) 등 호흡기 관련 질환이 주를 이루었다.

흥미로운 사실은 응답자들은 건설시기가 오래된 지하철 노선일수록 역사 내 오염 정도가 보다 심각하다고 평가했다는 것이다. 즉, 지하철 1호선(55.6%)과 2호선(29.8%)의 역사 내 공기오염이 8개 노선 중 가장 나쁘다는 의견이 지배적이었다. 이처럼 응답자들이 역사 내 공기오염과 인체에 대한 유해 정도를 인지하고 있고, 또한 노선별 오염도의 차이를 느끼고 있음에도 불구하고 응답자의 대부분은 열악한 실내공기질로 인해 지하철 노선을 변경한 경험이 없고(90.4%), 앞으로도 지하철을 계속 이용할 계획이며(87.2%), 마스크 등 개인적인 방법으로 건강을 유지하기 위한 노력을 하지 않은(94.5%) 것으로 조사되었다. 한편, 응답자의 8.7%가 지하역사의 공기오염이 지속될 경우 가능하다면 자가용을 이용할 것이라고 응답한 점은 대중교통정책과 실내공기 및 실외 대기오염정책과 관련하여 시사하는 바가 있다고 할 것이다.

응답자들은 지하역사 실내 공기오염에 가장 큰 영향을 미치는 인자로서 먼지(5점 척도기준 4.24)와 환기시설 미비(4.18)를 꼽았으며, 그 외 냉난방기구(4.02), 오염된 실외공기의 유입(4.01), 전문적인 청소미흡(3.99), 법적 규제 미흡(3.98) 등의 순으로 영향이 있다고 응답했다. 이는 응답자들이 실내공기 환기에 도움이 되는 기기설치나 설계변경 등 하드웨어상의 개선이 규제나 청소 등 소프트웨어상의 개선보다 중요하다고 평가한 것으로 분석된다.

또한 시급한 개선이 요구되는 환경오염문제로는 대기오염 4.13(5점 척도기준), 실내공기 4.06, 수질오염 3.99, 쓰레기 3.95로 나타남으로써 실외 대기오염 문제가 실내 공기오염에 비해 보다 심각하다고 평가하는 것으로 나타났다.

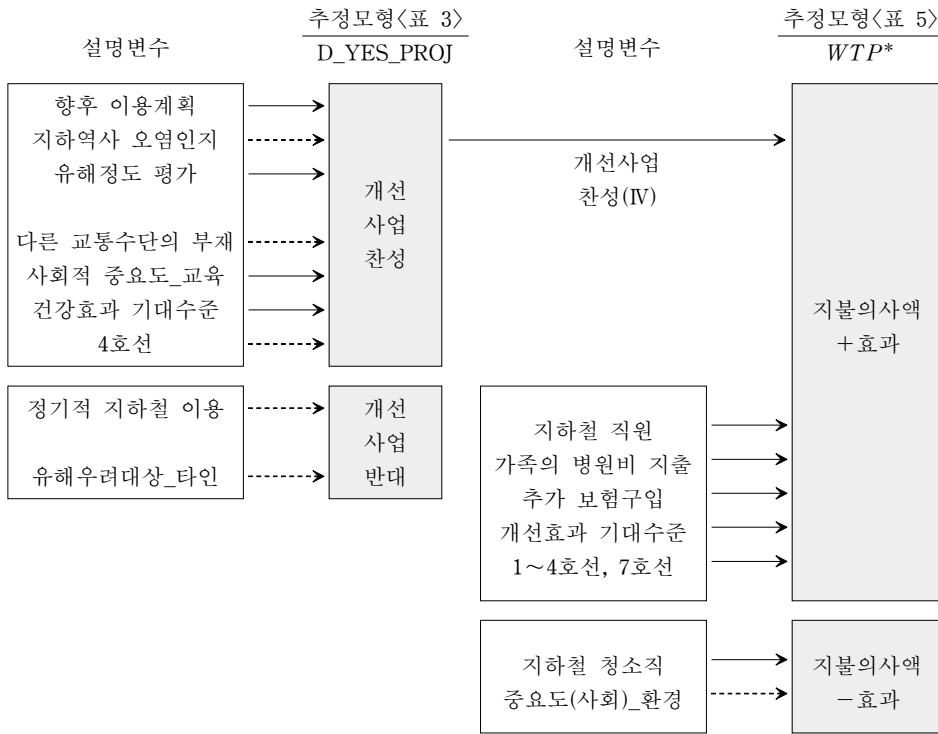
2. Probit모형 추정결과

설문조사 결과 응답자들의 88.3%가 지하역사 공기질 개선사업 자체에는 찬성하는 것으로 나타났다. 사업 찬성 여부에 대한 Probit모형의 추정결과가 <표 3>과 <그림 2>에 제시되어 있다. 추정결과에 따르면 향후 지하철을 이용할 계

〈표 3〉 개선사업 찬성에 대한 Probit모형 추정결과

변수명		추정계수	표준오차	Wald χ^2 stat	Pr > t
상수항	INT	-7.4987	1.463	-5.13	<.0001**
성별	SEX, 여성=1	-0.0272	0.1486	0.0335	0.8547
나이	AGE	0.0156	0.0102	2.3199	0.1277
가계소득	F_INCOME	-0.0010	0.0008	1.5466	0.2136
교육	EDU	-0.0003	0.0392	0.0001	0.9940
자녀	D_KID	0.0611	0.1967	0.0965	0.7561
사무직	D_WHITE	0.0879	0.1678	0.2743	0.6005
지하철 직원	D_SUBEMP	4.6749	158.0	0.0009	0.9764
지하철 청소직	D_GENITER	-4.9393	158.0	0.0010	0.9751
정기적 지하철 이용	D_MAINMODE	-0.2816	0.1703	2.7348	0.0982*
향후 이용계획	FUTURE_PLAN	0.4290	0.1024	17.5480	<.0001**
지하역사_오염인지	D_INFORMED	0.3727	0.2180	2.9238	0.0873*
실내오염 > 실외오염	D_WORSE	0.0533	0.1963	0.0737	0.7861
열악노선이용	D_BADLINE	-0.0589	0.1546	0.1451	0.7033
건강피해 경험	D_EXPER	0.1128	0.1770	0.4059	0.5241
유해정도 평가	HTH_EFF	0.3514	0.1624	4.6853	0.0304**
유해우려대상_자신	D_W_ME	0.0299	0.2428	0.0151	0.9021
유해우려대상_가족	D_W_FAM	0.0126	0.2304	0.0030	0.9563
유해우려대상_후손	D_W_DES	0.2411	0.2455	0.9645	0.3261
유해우려대상_타인	D_W_OTHS	-0.5411	0.2854	3.5932	0.0580*
다른 교통수단 부재	D_NOALT	0.2459	0.1468	2.8030	0.0941*
중요도(사회)_사회안정	V_SECURE	0.0310	0.1109	0.0779	0.7801
중요도(사회)_환경	V_ENVIRO	-0.0168	0.1162	0.0208	0.8853
중요도(사회)_경제	V_GROWTH	0.1768	0.1313	1.8122	0.1782
중요도(사회)_복지	V_WELFARE	0.0639	0.1303	0.2405	0.6238
중요도(사회)_교육	V_EDU	0.2743	0.1218	5.0693	0.0244**
중요도(사회)_정치	V_POLICY	0.0293	0.1080	0.0736	0.7862
중요도(개인)_부	V_WEALTH	-0.0711	0.1410	0.2541	0.6142
중요도(개인)_성공	V_SUCCESS	0.0720	0.1136	0.4016	0.5263
중요도(개인)_건강	V_HEALTH	0.1180	0.1260	0.8767	0.3491
중요도(개인)_가족	V_FAMILY	0.0172	0.1257	0.0187	0.8913
중요도(개인)_여가	V_LEISURE	-0.1674	0.1278	1.7168	0.1901
환경우려_수질오염	C_WATER	0.1826	0.1193	2.3421	0.1259
환경우려_대기오염	C_OUTDOOR	0.1037	0.1027	1.0192	0.3127
환경우려_실내오염	C_INDOOR	0.0361	0.1172	0.0947	0.7582
환경우려_쓰레기	C_WASTE	0.1963	0.1289	2.3185	0.1278
개선효과 기대수준	PROJ_EFFECT	0.1154	0.1512	0.5824	0.4454
건강효과 기대수준	PJ_HTH_EFF	0.3947	0.1580	6.2428	0.0125**
1호선	D_LINE1	0.0998	0.4435	0.0506	0.8220
2호선	D_LINE2	-0.1668	0.4031	0.1713	0.6789
3호선	D_LINE3	-0.5495	0.4117	1.7818	0.1819
4호선	D_LINE4	-0.7633	0.4027	3.5931	0.0580*
5호선	D_LINE5	0.0092	0.4237	0.0005	0.9827
6호선	D_LINE6	-0.3497	0.4451	0.6174	0.4320
7호선	D_LINE7	0.1783	0.4498	0.1571	0.6918
Log Likelihood		-228.63			

주: **와 *로 표시된 값들은 각각 5%, 10% 유의수준하에서 통계적으로 유의함을 의미함.



주: —> 는 5% 유의수준에서, ----> 는 10% 유의수준에서 통계적으로 유의함을 나타냄.

<그림 2> 모형 추정에 따른 설명변수, 개선사업 찬성 여부, 지불의사액의 관계

획이 많을수록, 지하역사의 오염사실을 인지하고 있을수록, 건강에 미치는 실내역사 오염의 피해가 크다고 느낄수록, 지하철 이외에 다른 교통 대안수단이 없을수록, 공기질 개선사업이 위해 정도를 낮출 수 있다고 기대할수록 찬성하는 경향을 보였는데 이는 일반적인 예상과 부합하는 결론이다.

특이한 사항은 지하철 이용기간이 오래될수록 개선사업에 대해 찬성할 확률이 낮았는데, 이는 아마도 오랫동안 익숙한 문제에 대해서는 그다지 개선의지를 느끼지 못하게 되기 때문이 아닌가 생각된다. 또한 예상대로 ‘건강효과 기대수준(PJ_HTH_EFE)’의 추정계수는 5% 유의수준에서 양의 값을 취한 반면, 개선사업의 실질적인 ‘(환경)개선효과 기대수준(PROJ_EFFECT)’이 사업의 찬성여부에 미치는 영향은 통계적으로 유의미하지 않게 나온 것은 의외의 결과라고 할 수 있다. 이는 응답자들이 개선사업의 찬반 여부를 결정할 때는 개선정책의 환경개선효과보다는 체감도가 높은 건강에 미치는 긍정적 효과, 즉 직접적이고 개인화된 효과에 대한 기대치가 더욱 중요한 변수로 작용하기 때문인 것으로

〈표 4〉 지하철역 공기질 개선사업에 대한 제시금액 및 응답의 구성

첫 번째 제시금액	1차 및 2차 제시금액*에 대한 응답					합 계
	Yes, Yes	Yes, No	No, Yes	No, No, Yes	No, No, No	
3,000원	54	31	32	18	61	196
5,000원	41	34	32	19	63	189
10,000원	26	37	33	27	81	204
20,000원	5	30	36	42	86	199
50,000원	6	10	28	49	108	201
100,000원	2	1	0	3	5	11
합 계	134	143	161	158	404	1,000

주: *는 첫 번째와 두 번째의 제시금액에 대해 모두 “아니요”라고 답한 경우에 한해 1원을 제시금액으로 세 번째 질문이 이루어졌음.

보인다.

〈표 4〉는 설문조사시 제시된 금액의 범위와 분포, 그리고 응답구성을 보여 준다. 설문조사 결과는 개선사업에 대한 높은 찬성률(88.3%)과는 대조적으로 제시금액의 크기와 상관 없이 모든 금액에서 지불할 의사가 없다는 의견이 지배적이라는 것을 말하고 있다. 전체 응답자의 40.4%가 단 1원도 지불할 의사가 없는 것으로 응답했다는 사실은 지하철역의 공기질 개선사업이 사회구성원들의 합의에 의해 이루어지는 것은 현재로서는 일정한 한계를 가지고 있음을 시사한다.

3. 지불의사금액모형 추정결과

Recursive system CVM모형의 추정결과가 〈표 5〉에 제시되어 있다. 가구당 연간 지하철역 공기질 개선을 위해 지불할 의사가 있는 금액을 계산한 결과 평균 5,314원, 최대 금액은 5만 1,208원, 표준편차 8,126원으로 추정되었다. 이러한 결과는 대도시에서의 실외 대기오염 개선에 따른 지불의사액에 관한 기존의 연구결과들과 비교할 때 매우 적은 금액임을 알 수 있다. 그 이유는 일차적으로 지하철 이용객들이 지하철역에 머무는 시간이 짧기 때문인 것으로 판단된다. 설문조사에 의하면 지하철 1회 이용당 평균 40.9분을 머무는 것으로 조사되었다. 따라서 실외공기질 노출과 그 건강상의 영향에 대해 시민들이 느끼는 정도와는 매우 큰 차이가 있을 수 있음을 짐작하게 한다.

반면, 일반이용자들의 지불의사액이 낮은 것과는 달리 지하철 근무직원들의 평균지불의사액은 2만 3,208원으로 전체 평균에 비해 4배 이상 높은 것으로 분

〈표 5〉 Recursive system 모형을 이용한 WTP 추정결과

변수명		추정계수	표준오차	χ^2 stat	Pr > χ^2
상수항	INT	-48,105.0	18,136.8	7.03	0.009**
성별	SEX, 여성=1	1,904.80	2,751.60	0.48	0.4888
나이	AGE	66.241	154.889	0.18	0.6689
가계소득	F_INCOME	-0.145	12.044	0.00	0.9904
교육	EDU	280.562	541.665	0.27	0.6045
가장	D_HHOLD	-1,268.7	3,051.95	0.17	0.6776
자녀	D_KID	-2,401.3	3,003.81	0.64	0.4240
환경단체 가입	D_NGO	3,078.92	5,387.64	0.33	0.5677
정규직	D_PERMJOB	2,065.06	2,543.28	0.66	0.4168
사무직	D_WHITE	3,126.21	2,778.65	1.27	0.2606
지하철 직원	D_SUBEMP	27,319.4	5,295.77	26.61	<.0001**
지하철 청소직	D_GENITER	-26,901.	10,336.3	6.77	0.0093**
가족 병원방문일수	F_SICK_DAY	-87.496	73.069	1.43	0.2311
본인 병원방문일수	S_SICK_DAY	154.175	123.686	1.55	0.2126
가족 병원비지출액	F_MED_EPD	54.50	23.935	5.18	0.0228**
본인 병원비지출액	S_MED_EPD	-13.524	21.125	0.41	0.5220
추가 보험가입	D_2INSUR	5,416.90	2,702.65	4.02	0.0450**
정기적 지하철 이용	D_MAINMODE	-84.398	2,673.48	0.00	0.9748
주평균 이용시간	TIME_SUBWAY	6.264	4.129	2.30	0.1292
지하철 이용연수	HOW_LONG	135.072	167.901	0.65	0.4211
향후 이용계획	FUTURE_PLAN	-48.564	1,487.21	0.00	0.9740
지하역사_오염인지	D_INFORMED	3,465.02	3,673.61	0.89	0.3456
실내오염>실외오염	D_WORSE	-2,774.0	2,961.39	0.88	0.3489
열악노선이용	D_BADLINE	-1,383.8	2,181.30	0.40	0.5258
건상피해 경험	D_EXPER	-3,271.27	2,909.60	1.26	0.2609
유해정도 평가	HTH_EFF	463.445	2,213.14	0.04	0.8341
유해우려대상_자신	D_W_ME	-3,214.7	3,301.87	0.95	0.3303
유해우려대상_가족	D_W_FAM	2,589.57	2,909.45	0.79	0.3734
유해우려대상_후손	D_W_DES	4,062.25	3,269.27	1.54	0.2140
개인적 노력	D_EFFORT	6,026.57	3,950.65	2.39	0.1271
다른 교통수단 부재	D_NOALT	-2,952.4	2,075.79	2.02	0.1549
중요도(사회)_환경	V_ENVIRO	-2,732.8	1,640.47	2.78	0.0957*
중요도(사회)_경제	V_GROWTH	-2,002.8	1,717.37	1.36	0.2435
중요도(개인)_부	V_WEALTH	-1,709.1	1,839.84	0.86	0.3529
중요도(개인)_건강	V_HEALTH	206.214	1,724.21	0.01	0.9048
환경우려_실내오염	C_INDOOR	1,995.04	1,305.24	2.34	0.1264
개선효과 기대수준	PROJ_EFFECT	8,569.01	1,910.34	20.12	<.0001**
건강효과 기대수준	PJ_HTH_EFF	-1,788.1	2,006.43	0.79	0.3728
개선사업 찬성(IV)	\hat{P} _YES_PROJ	19,193.8	6,580.50	8.51	0.0035**
1호선	D_LINE1	12,321.1	6,203.67	3.94	0.0470**
2호선	D_LINE2	16,241.4	5,718.43	8.07	0.0045**
3호선	D_LINE3	15,064.1	6,055.08	6.19	0.0129**
4호선	D_LINE4	15,794.2	6,016.07	6.89	0.0087**
5호선	D_LINE5	7,727.89	5,908.38	1.71	0.1909
6호선	D_LINE6	10,052.3	6,419.74	2.45	0.1174
7호선	D_LINE7	16,325.3	5,943.64	7.54	0.0060**
(확률분포의 형태)	Scale	24,504.6	925.838		
Log Likelihood		-1482.1			

주: **와 *로 표시된 값들은 각각 5%, 10% 유의수준하에서 통계적으로 유의함을 의미함.

석되었다. 이는 장시간 지하역사에 머물러 공기오염으로 인한 폐해가 높게 나타날 수 있을 가능성, 실제 건강상의 문제를 느끼는 정도가 높은 것 등 공기질 개선사업의 후생효과가 상대적으로 높기 때문이다. 그러나 가장 오염과 밀착되어 있는 직업군의 경우 모형추정 결과에서 보듯 지불의사액이 낮은 것으로 조사되었는데, 이는 청소직 등은 비정규직 비율이 높고 근속예상 연수가 적어 장기적인 후생효과를 낮게 평가할 뿐만 아니라 소득수준 역시 높지 않은 데에 연유한 것으로 판단된다.

기존 연구에 의하면 환경재에 대한 태도나 선호에 있어 성차가 존재하는데 (Fox and Firebaugh, 1992; Bord and O'Connor, 1997), 일반적으로 여성들이 환경재에 부여하는 가치가 높다고 한다. 하지만 동시에 소득이 높으면 지불의사액이 높은 경향이 있기 때문에 일반적으로 수입이 높은 남성들의 지불의사액이 여성들보다 높다(Drolet, 1999; Fortin and Lemieux, 2000)는 연구결과도 존재한다.

본 연구에서는 남성의 평균지불의사액이 5,769원으로 여성의 4,848원보다 높았으나 통계적 유의성은 없는 것으로 분석되었다. 일반적으로 환경재의 가치를 높게 만든다는 자녀효과 역시 이번 연구에서 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났는데, 지불의사액만으로 볼 때에는 자녀를 둔 응답자의 지불의사액이 오히려 낮은 것으로 조사되었다. 이는 교육비 부담이 높은 우리 나라의 특수한 현실이 반영된 것으로 추론된다.

더불어 주목되는 추정결과로서는 정부 개선사업의 실효성이 크게 기대될수록, 또한 정부의 실내공기질 개선사업에 찬성할수록 지불의사액이 커진다는 점이다. 이러한 사실은 실제 응답자들이 기대하는 공기질 개선정책의 실효성과 관련하여 시사하는 바가 크다. 정부가 기준치를 정할 경우 지하역사의 실내공기가 기준치를 만족할 수 있을 것인지, 즉 공기질 개선정책의 실효성이 있을지에 대한 응답자들의 평균기대수준은 2.87점(5점 척도기준)으로서, 정부의 다중이용시설 공기질 개선정책의 실효성에 대한 신뢰성이 매우 낮음을 나타낸다.

〈표 6〉은 추정모형으로부터 계산된 지불의사액을 정책 실효성에 대한 기대수준별로 나누어 비교하고 있다. 환경개선효과가 유의미한 수준(5점 척도기준으로 4 또는 5)일 것으로 예상하는 응답자들의 평균지불의사액은 1만 1,908원에서 1만 2,975원 사이로 나타나 전체 평균인 약 5,314원의 2배를 넘어서고 있다. 이 수치는 정부정책에 따른 공기질 개선효과가 없을 것으로 기대하는 응답자들의 평균인 397원, 미미한 수준에 미칠 것으로 기대하는 응답자들의 평균인 1,930원~4,824원과 크게 대비된다. 이러한 결과는 개선사업이 실질적으로 실내

〈표 6〉 집단별 지불의사액 비교

분 류		지불의사 추정액			
		응답비율(%)	평균(원)	최대(원)	표준편차
전체 표본		100	5,314.9	51,208.4	8,125.6
지하철 직원		5	23,208.3	51,208.4	16,017.3
환경개선효과	없음(1)	3.3	397.2	6,825.3	1,336.9
	미미한 수준(2)	30.0	1,930.9	30,930.9	5,306.5
	약간(3)	44.4	4,824.5	45,017.5	7,313.0
	기대(4)	19.6	11,907.6	51,208.4	9,437.7
	매우 기대(5)	1.9	12,975.1	42,617.5	11,109.5
사업찬성 여부	찬성	88.3	5,686.5	51,208.4	8,403.9
	반대	11.7	2,510.3	28,433.5	4,756.3
성 별	남성	51.2	5,769.2	51,280.4	9,282.5
	여성	48.8	4,838.2	32,718.3	6,677.0
자녀효과	있음	72.2	5,021.4	51,208.4	8,831.8
	없음	27.8	6,077.1	30,930.9	7,524.7
노 선 별	1호선	11.7	4,136.0	41,611.4	8,330.2
	2호선	23.5	6,618.9	45,017.5	8,197.3
	3호선	13.1	5,981.8	51,208.4	8,814.1
	4호선	12.0	5,648.8	42,614.7	8,601.5
	5호선	13.8	1,832.1	26,140.6	4,194.7
	6호선	7.2	2,075.4	25,348.2	4,176.3
	7호선	14.1	9,723.2	44,695.7	9,415.5
	8호선	4.6	887.3	17,854.4	3,385.8

공기질을 개선시키는 효과가 있음을 국민들이 신뢰할 경우에만 공기질 개선사업에 대한 지불의사액이 높아지게 됨을 시사하는 것이다.

또한 추정결과에 의하면 응답자의 건강문제에 대한 민감도를 나타내는 설명변수들, 즉 가구의 병원비 지출이 클수록, 국민보험 이외에 추가적인 건강보험을 가지고 있을수록 지불의사액이 높은 것으로 나타났다.

응답자가 자주 이용하는 호선에 따른 지불의사액은 1호선 주 이용자가 4,136원, 2호선 6,618원, 3호선 5,982원, 4호선 5,649원, 5호선 1,832원, 6호선 2,075원, 7호선 9,723원, 8호선 887원으로 차이를 보였다. 이 중 오염이 가장 심하다고 응답된 1, 2호선 중 1호선의 평균지불의사액이 상대적으로 낮게 나온 점, 그리고 비교적 최근에 완성되었으며 오염도가 상대적으로 낮은 것으로 평가된 7

호선의 평균지불의사액이 높게 나온 점이 최초의 예상⁷⁾과 달랐다.

정부의 공기질 개선사업에 대한 호감도(YES_PROJ(IV)) 또는 그에 따른 사업에 대한 찬성의사는 5% 유의수준에서 지불의사액을 높이는 효과가 있는 것으로 분석되었다. 앞의 <그림 2>에서 볼 수 있듯이 ‘향후 이용계획’, ‘지하역사 오염인지’, ‘유해정도 평가’, ‘다른 교통수단의 부재’, ‘건강증진효과’ 등이 커질수록 정부의 개선사업에 대한 찬성도가 높아진다는 점을 고려할 때 이들 요인들이 지불의사액을 간접적으로 증가시키는 효과가 있음을 시사한다.

한편, 개선사업에 필요한 재원을 마련하는 모든 대안들에 대해 응답자들은 부정적인 견해를 나타냈다. 특히, 비용부담이 직접적일수록 재원마련방법이 부적절하다는 의견이 지배적이었다. 즉, 5점 척도기준으로 자금마련방안에 대한 선호도를 보면 특별복권 2.80, 부담금 부과 2.42, 지하철 요금인상 2.22 등으로 비용부담의 범위가 지하철 실이용자들에게 집중될수록, 직접적인 비용부담이 커질수록, 비용부담을 피할 수 있는 방법이 없을수록 부적절하다고 응답하는 경향을 보였다.

다시 말해, 정부의 실내공기질 개선사업에는 찬성하면서도 비용부담면에서는 소극적인 반응을 보이는 응답자들이 많았다는 것이다. 이는 설문조사 결과에 비추어 보았을 때 개선사업의 실효성에 대한 의심이나 현재의 정부재정이 효율적으로 사용되지 않고 있다는 부정적 인식 등이 반영된 결과라고 판단된다.

4. 지불의사액 추정치에 기초한 총편익

지하역사 공기질 개선에 대한 가구별 지불의사액을 도출한 후에는 수도권 지역 거주 주민들의 연간 총편익을 구할 필요가 있다. 그러나 이는 개념적으로나 자료상으로 쉬운 작업이 아니다. 지하역사 공기질은 실외대기질과는 달리 이용자의 회피 또는 선택과 같은 대체가능성이 언제나 존재한다. 만약 지하역사 공기질이 현저히 개선된다면 보다 많은 시민들이 지하철을 교통수단으로 대체할 가능성이 있다. 이러한 잠재적 수요까지 감안한다면 지하역사 공기질 개선에 따른 수도권 주민의 총편익은 추가적으로 증가하게 된다.

나아가 서울시와 경기도, 인천시를 포함하는 수도권 지역의 가구 중 지하철

7) 지하철이 완성된 지 오래될수록 오염도가 심각할 것으로 응답된 설문조사 결과에 입각하여 노선별 더미변수에 대한 계수값은 1호선으로부터 7호선에 걸쳐 점차 감소하는 양의 값을 가질 것으로, 그리고 노선별 평균지불의사액은 1호선으로부터 7호선에 걸쳐 점차 감소할 것으로 사전에 예상하였다.

을 이용가구수에 대한 통계자료가 존재하지 않는다. 서울 시내와 시외를 포함하는 교통수단별 수송분담률 자료가 있으나, 이는 기본적으로 공간이동을 위한 개별 교통수단의 비중을 보여 주는 것으로서 본 연구에 사용하기에는 적절하지 않다. 따라서 현재로서는 불완전하나마 서울시 가구수를 기준으로 총편익을 산정하고자 한다. 2005년도 인구주택총조사에 의하면 서울시 총가구수는 334만 1,352가구로 추계되었다. 이를 기초로 수도권 지하역사 공기질 개선에 따른 총편익은 약 177억 6,000만 원으로 추정되었다.

이 수치에는 많은 불확실성이 내포되어 있다. 무엇보다 수도권 지하철을 이용하는 주민은 서울시민에 국한되지 않는다. 앞서서도 밝혔듯이 수도권 주민의 다수가 서울시 지하철을 상시적으로 이용하고 있기 때문이다. 물론 서울시에 속한 가구의 경우에도 지하철을 전혀 이용하지 않는 주민이 있는 것이 사실이다. 서울시를 포함한 수도권 주민의 가구별 교통수단 이용행태자료가 이용가능할 경우보다 정확한 총편익규모를 산출할 수 있을 것이다.

V. 결 론

최근 다중이용시설의 실내공기 오염문제가 심각해지고 있다는 인식이 확산되고 있는 가운데 정부는 다중이용시설의 공기질에 대한 규제를 강화하였다. 본 연구는 대표적인 다중이용시설인 지하역사의 공기질 개선에 대한 경제적 가치를 추정하는 것을 목적으로 한다. 그간 실외대기질의 경제적 가치에 대한 연구는 꾸준히 이루어져 온 반면, 실내 공기오염의 사회적 비용 대한 경제학적 연구는 없었음을 감안할 때 본 연구가 갖는 학술적·정책적 기여점은 분명하다고 판단된다.

지하철 이용자들이 생각하는 지하역사 공기질 개선의 경제적 편익을 알아 보기 위해 조건부가치추정법을 이용하여 지불의사금액을 추정하였다. 설문조사는 NOAA 보고서에서 권고하고 있는 이중양분선택방식을 취하였다.

단일방정식모형을 최우추정법으로 추정한 결과 분석과정에서 설명변수의 내생성이 발견되어 이에 따른 편의를 최소화하기 위해 연립방정식 형태의 Recursive system CVM모형을 설정하였다. 모형 추정결과, 연평균 가구당 지불의사액은 5,314원으로 추정됨으로써 실외 대기오염의 저감에 따른 지불의사액과 비교해 볼 때 훨씬 작은 수준으로 나타났다. 그 이유로는 지하철을 이용하기 위해 지

192 다중이용시설 실내공기질 개선의 경제적 가치 추정: 서울시 지하철역을 중심으로

하역사에 머무는 시간이 짧다는 점과 실내공기질이 가진 이중적 속성, 즉 공공재로서의 성격이 강하면서도 실외 대기오염과 달리 이를 회피할 수 있는 대체 교통수단과 같은 대안이 존재한다는 점들을 지적할 수 있다.

한편, 건강에 대한 관심이 높고 실내공기 오염사실에 대한 인지도가 높을수록 정부의 실내공기질 개선사업에 대한 지불의사액이 높게 나타난다는 사실은 향후 실내공기질의 건강 위해성 여부에 대한 시민적 이해가 높아질수록 실내공기질 개선을 위한 정부정책의 타당성에 보다 긍정적으로 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

향후 지하철역사는 물론 병원, 대형 마켓, 버스터미널 및 기차역사 등 다양한 형태의 다중이용시설의 실내공기질에 대한 실태조사와 개선사업에 따른 경제적 가치에 대한 심도 있는 연구가 수행될 수 있기를 기대한다.

참 고 문 헌

- 서울시정개발연구원, 『서울시 대기질 개선의 경제적 편익추정에 관한 연구』, 2004.
- 통계청, 『2005년도 인구주택총조사』, 2006.
- Blundell, R. W. and R. J. Smith, “An Exogeneity Test for a Simultaneous Equation Tobit Model with an Application to Labour Supply,” *Econometrica*, 54, 1986, 679~685.
- Blocker, T. J. and D. L. Eckberg, “Environmental issues as women’s issues: general concerns and local hazards,” *Social Science Quarterly*, 70, 1989, 586~593.
- Bord, R. J. and R. E. O’Connor, “The gender gap in environmental attitudes: the case of perceived vulnerability to risk,” *Social Science Quarterly*, 78(4), 1997, 830~840.
- Cameron, T. A. and J. Quiggin, “Estimation Using Contingent Valuation Data from a Dichotomous Choice with Follow-up Questionnaire,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 27, 1991, 218~234.
- Drolet, M., *The persistent gap: new evidence in the Canadian gender wage gap*, Catalogue 75F0002MIE-99008, Statistics Canada, Income Statistics Division, 1999.

- Fortin, N. and Thomas Lemieux, "Are Women's Wage Gains Men's Losses? A Distributional Test," *American Economic Review*, 90, 2000, 456~460.
- Fox, M.F. and G. Firebaugh, "Confidence in science: The gender gap," *Social Science Quarterly*, 73(1), 1992, 101~113.
- Hanemann, W. M., "Welfare Evaluations in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses," *American Journal of Agricultural Economics*, 66, 1984, 332~341.
- Hanemann, W. M., J. Loomis, and B. Kanninen, "Statistical Efficiency of Double-Bounded Dichotomous Choice Contingent Valuation," *American Journal of Agricultural Economics*, 73, 1991, 1255~1263.
- Sexton, K. and P. B. Ryan, *Human Exposure to Air Pollution, Methods, Measurements and Models*, Health Effects Institute, USA, 1988.
- Smith, R. J., "Testing For Exogeneity in Limited Dependent Variable Models Using a Simplified Likelihood Ratio Statistic," *Journal of Applied Econometrics*, 2(3), 1987, 237~245.
- Spengler, J. D. and K. Sexton, "Indoor Air Pollution: A public health perspective," *Science*, New Series, 221(4605), 1983.
- The New York City, *Toxic Exposure Assessment: A Columbia-Harvard Study*, The New York City Report, 2004.
- Turnbull, B. W., "The Empirical Distribution Function with Arbitrary Grouped, Censored and Truncated Data," *Journal Royal Statist. Soc. Ser. B*, Vol. 38, 1976, 290~295.
- United Nations, *UN Chronicle*, Fall 2000.

부 록

〈부표 1〉 실내공기 오염물질의 발생지와 실내외 오염도 비교

오염물질	오염원	실내농도	I/O ratio*
오염원 발생지: 실외			
황산화물질(가스 또는 미세물질)	연료, 제련소	0~15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	< 1
오존	광화학 반응	0~10/ppb	≪ 1
포자	나무, 잔디, 잡초, 식물	L.V.	< 1
납, 망간 등의 중금속	자동차	L.V.	1
칼슘, 크롬린, 실리콘, 카드뮴	토양, 산업배출물	N.A	< 1
유기물질	유기성 용매, 불완전 연소된 연료	N.A	< 1
오염원 발생지: 실내 또는 실외			
일산화질소, 이산화질소	가열 및 난방	10~120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (연평균) 200~700 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (요리나 가열중인 주거공간에서의 시간당 평균)	≫ 1
일산화탄소	가열 및 난방	5~50ppm	≫ 1
이산화탄소	신진대사활동, 연소 및 산화	2,000~3,000ppm	≫ 1
미세물질	부유물, 연소제, 발포제	10~1,000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1
수증기	생체활동, 가열	N.A	> 1
포자(Spores)	곰팡이	N.A	> 1
오염원 발생지: 실내			
라돈	건축재(콘크리트, 돌), 물	0.01~4pCi/liter	≫ 1
포름알데히드	합판, 방열 및 마감재, 담배연기	0.01~0.5ppm	> 1
석면(Asbestos)을 광물 및 합성섬유상물질	방화 및 방수용 건축재료	0~1fiber/ml	1
유기물질	접착제, 용매, 요리, 화장품	L.V	> 1
암모니아	신진대사활동, 청소용품, 담배연기	L.V	≫ 1
니코틴 등의 유해물질	담배연기	L.V	≫ 1
수은	공방이제거제, 페인트, 깨진 온도계	L.V	> 1
에어로졸	에어로졸 스프레이	N.A	≫ 1
미생물	사람, 동물, 식물	L.V	> 1
알레르기 발생물질	집먼지, 동물배설물, 벌레의 일부	L.V	≫ 1

주: *는 실외농도 대비 실내농도 비율.

자료: John D. Spengler and Ken Sexton(1983).

〈부표 2〉 서울시 다중이용시설 실내공기질 유지기준

오염물질 항목 다중이용시설	미세먼지 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	이산화탄소 (ppm)	포름알데히드 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	일산화탄소 (ppm)
지하역사, 지하상가	150→140 이하	1,000 이하	120→100 이하	10→9 이하
여객자동차 터미널의 대합실, 공항시설 중 여객터미널, 철도역사의 대합실, 도서관, 대규모 점포, 장례식장, 찜질방, 박물관			120 이하	
의료기관, 국공립보육시설, 국공립 노인전문요양시설, 유료 노인전문 요양시설, 노인전문 병원, 산후조리원	100 이하	1,000→900 이하	120→100 이하	
실내주차장	200→180 이하	1,000 이하	120 이하	25→20 이하

주: 화살표 이전 수치는 환경부의 기준치를, 화살표 이후 수치는 서울시의 기준치를 나타냄.
자료: 서울시.

〈부표 3〉 사용변수들의 기초 통계치

설명변수		평균	표준편차
AGE	나이	40.61	9.50
F_INCOME	가계소득(단위: 만 원)	384.30	88.15
EDU	교육	13.33	2.23
F_SICK_DAY	가족 병원방문일수	13.32	15.58
S_SICK_DAY	본인 병원방문일수	4.07	8.08
F_MED_EPD	가족 병원비지출액(단위: 만 원)	23.80	46.89
S_MED_EPD	본인 병원비지출액(단위: 만 원)	9.31	43.50
TIME_SUBWAY	주평균 이용시간(단위: 분)	272.15	276.02
HOW_LONG	지하철 이용연수	13.12	6.41
FUTURE_PLAN	향후 이용계획(5점 척도: 향후 5년간 지하철 이용계획)	4.32	0.75
HTH_EFF	유해정도 평가(5점 척도: 지하철 오염이 건강에 미치는 유해정도)	2.83	0.63
V_ENVIRO	중요도(사회)_환경(5점 척도)	4.50	0.62
V_GROWTH	중요도(사회)_경제(5점 척도: 지속적 경제성장)	4.43	0.59
V_SECURE	중요도(사회)_사회안정(5점 척도: 사회안정)	4.52	0.65
V_WELFARE	중요도(사회)_복지(5점 척도: 사회복지)	4.42	0.60
V_EDU	중요도(사회)_교육(5점 척도: 교육문제 해결)	4.34	0.65
V_POLICY	중요도(사회)_정치(5점 척도: 부정부패 없는 사회건설)	4.34	0.66
V_WEALTH	중요도(개인)_부(5점 척도: 경제적 여유)	4.44	0.58
V_HEALTH	중요도(개인)_건강(5점 척도)	4.61	0.61
V_SUCCESS	중요도(개인)_성공(5점 척도: 사회적 성공)	4.44	0.68
V_HEALTH	중요도(개인)_건강(5점 척도: 건강한 신체)	4.61	0.61
V_FAMILY	중요도(개인)_가족(5점 척도: 화목한 가정)	4.52	0.59
V_LEISURE	중요도(개인)_여가(5점 척도: 보람된 여가시간)	4.29	0.62
C_INDOOR	환경우려_실내오염(5점 척도)	4.07	0.82
C_WATER	환경우려_수질오염(5점 척도)	3.99	0.70
C_OUTDOOR	환경우려_대기오염(5점 척도)	4.13	0.85
C_WASTE	환경우려_쓰레기(5점 척도)	3.95	0.76
PROJ_EFFECT	개선효과 기대수준(5점 척도: 정부가 기준을 정한 경우 실효성 정도)	2.87	0.83
PJ_HTH_EFF	건강효과 기대수준(5점 척도: 역사환경이 개선된 후 유해감소효과)	2.93	0.79

〈부표 3〉 계 속

더미변수		평 균	표준편차
SEX	성별(여성=1, 남성=0)	488	512
D_HHOLD	가장(가장=1, 아님=0)	395	605
D_KID	자녀(자녀 있음=1, 자녀 없음=0)	722	278
D_NGO	환경단체 가입(환경단체 가입=1, 비가입=0)	27	973
D_PERMJOB	정규직(정규직=1, 비정규직=0)	612	388
D_WHITE	사무직(사무직=1, 비사무직=0)	307	693
D_SUBEMP	지하철 직원(지하철 직원=1, 비직원=0)	50	950
D_GENITER	지하철 청소직(청소직=1, 비청소직=0)	11	989
D_2INSUR	추가 보험구입(추가 건강보험 구입=1, 없는 경우=0)	795	205
D_MAINMODE	정기적 지하철 이용(지하철이 주 이용수단=1, 아닌 경우=0)	702	298
D_INFORMED	지하역사_오염인지(오염되었다는 사실 들어본 적 있음=1, 없음=0)	897	103
D_WORSE	실내오염>실외오염(실내가 실외보다 더 오염되었다고 생각=1, 아님=0)	844	156
D_BADLINE	열악노선이용(자신의 이용노선이 오염되었다고 생각=1, 아님=0)	382	618
D_EXPER	건강피해 경험(지하철 이용시 건강상의 문제를 느꼈음=1, 아님=0)	237	763
D_W_ME	유해우려대상_자신(역사오염에 의한 본인 건강 위협 우려=1, 아님=0)	579	421
D_W_FAM	유해우려대상_가족(역사오염에 의한 가족 건강 위협 우려=1, 아님=0)	534	466
D_W_DES	유해우려대상_후손(역사오염에 의한 후손 건강 위협 우려=1, 아님=0)	613	387
D_W_OTHS	유해우려대상_타인(역사오염에 의한 타인 건강 위협 우려=1, 아님=0)	547	453
D_EFFORT	개인적 노력(오염피해를 줄이려는 노력을 한 적 있음=1, 없음=0)	100	900
D_NOALT	다른 교통수단 부재(심각한 오염시 다른 교통수단 이용가능=1, 없음=0)	538	462
D_YES_PROJ	지하역사 개선사업 찬성 여부(찬성=1, 반대=0)	883	117
D_LINE1~D_LINE7	호선(주 이용노선이 해당 호선임=1, 아닌 경우=0)	〈표 9〉 참조	

[Abstract]

Economic Value of Improving Indoor Air Quality of Subway Stations in Seoul Metropolitan Area

Jong Ho Hong · Hyungna Oh

Indoor air quality (IAQ) and the possible negative health effects have recently become an important public health issue. Using the contingent valuation method (CVM), this paper measures the economic value of IAQ in subway stations in Seoul metropolitan area. The annual benefits of improving IAQ in Seoul subway stations are approximately 5,314 KRW per household and 17.76 billion KRW as a whole. As expected, subway employees, who are exposed to IAQ for an extensive period of time, evaluate improving IAQ much higher at 23,208 KRW.

Keywords: indoor air quality, economic value, contingent valuation method, recursive system

JEL Classification: Q2, C2, D6