

외부비용을 포함한 적정통행료 산정 수단에 관한 연구*

박상수
고려대학교 경제학과 교수

이충기
한국방송통신대학교 경제학과 조교수

Study on Computation of Optimal Tolls When Externalities Exist

Sang-Soo Park^a, Chung-Ki Lee^b

^a Department of Economics, Korea University, South Korea

^b Department of Economics, Korea National Open University, South Korea

Received 01 June 2018, Revised 15 June 2018, Accepted 25 June 2018

Abstract

It is well known that market transactions do not lead to social optima when externalities exist. Given that previous studies such as RICARDO-AEA(2014) have identified various types of external costs, we must take their magnitudes, or externalities in general, into account in order to make toll prices to achieve social optimum. Little has been done on estimation of externalities in road uses in Korea, to the best of our knowledge. We suggested to use the contingent valuation method (CVM) to estimate overall social benefits and applied it to estimation of benefits of road kill prevention as a pilot study. Our empirical model has considered heteroskedasticity explicitly and its estimation result was that individual drivers were willing to pay 147 KRW on average in addition to current toll prices for prevention of road kills. We provided general discussions of externalities in road use and various internalization measures.

Keywords: Contingent Valuation Method, External Cost, Optimal Toll

JEL Classifications: Q51, Q58

* 이 논문은 2017년도 한국방송통신대학교 학술연구비 지원에 의한 논문임.

^a First Author, E-mail: starpac@korea.ac.kr

^b Corresponding Author, E-mail: ckleee415@knou.ac.kr

© 2018 Management & Economics Research Institute. All rights reserved.

I. 서론

도로는 국민생활과 밀접하게 관계되어 있는 경제활동의 가장 기초적인 인프라의 성질을 가지고 있다. 과거에는 도로 기반시설을 국가적인 편익을 발생시키는 도구로 인식하여 조세 등의 일반재원으로 건설된 도로는 무료로 사용하는 것이 일반적이었으나, 현대에 들어와서는 도로 이용에서 발생하는 작간접적인 비용 측면과 도로 통행료 책정을 통한 교통수요 조절기능을 강조하여 도로 유료화 정책에 관한 논의가 활발하다.

교통과 환경문제는 중요한 정치적 이슈임에도 불구하고 운전의 즐거움에 따라 온실가스를 감소시키기 위해 운전자에게 통행료를 지불하게 하는 방안을 설득하기란 쉽지가 않다. 그러나 사회적 후생을 극대화한다는 점에서 환경비용을 통행료 산정에 결부시켜 적정 통행료를 결정하는 것은 매우 중요한 교통 및 환경 정책과제임에 틀림없다.

RICARDO-AEA (2014)에서는 교통부문에서 발생하는 외부성을 혼잡 및 희소가치 비용, 사고비용, 대기오염비용, 소음비용, 기후변화에 따른 비용, 기타 외부비경제비용으로 구분하고, 각각의 경우에 발생하는 외부비경제 비용을 산출하는 방법과 이 보고서에 제시된 방법들에 의해 산출된 비용을 각 EU 회원국들의 구매력을 고려해 국가별로 환산하는 과정에 관한 표준적인 절차를 제시하고 있다. 그러나 외부비경제 비용을 내부화하는 방법에 대한 내용은 제시되지 않고 있다.

외부비경제를 내부화하는 경제적 방안은 크게 직접규제, 코즈(Coase)식 해법, 피구세(Pigovian tax) 등으로 나누어 볼 수 있다(이충기·박상수 2017 참고). 직접규제 방안은 오염원인 차량의 통행량을 직접적으로 규제하는 정책으로 차량 부제 운영이 그 예이고, 코즈식 해법은 경제 주체들의 자발적 거래를 통해 내부화하는 것으로, 국제적인 탄소 배출권 거래제

가 그 예이나 교통에서의 외부성을 내부화하는 정책적 수단으로 연구된 방안은, 저자들이 무지한 탓일 지도 모르나, 아직 없다. 본 연구에서는 도로사용료의 변경을 통해 내부화를 시도하는 방안인 피구세에 대해 주목하고자 한다. 피구세를 도입하여 도로 사용료를 인상하는 경우, 다른 조건이 일정할 경우, 그 효과는 도로 사용 빈도가 줄어드는 것으로 나타날 것이다. 줄어든 수요의 일부는 사라지거나 대중교통을 이용하는 방식으로 대체되고, 피구세 부과로 외부비경제성은 내부화될 수 있다.

경제행위를 수행한 경제주체가 부담하는 비용을 사적비용이라 할 수 있으며, 이에 반해 외부비용은 경제행위를 수행한 경제주체가 부담하지 않는 비용으로 경제행위와 관련되지 않은 불특정 다수의 경제주체가 부담하는 비용으로 판단할 수 있다. 이러한 외부비용은 교통체증 등과 같이 운송시스템 자체에 발생하는 경우와 환경오염물질의 배출과 같이 제3자에게 피해가 발생하는 경우로 나눌 수 있다. 즉, 외부비용은 그 비용이 다시 이용자에게 돌아가는 사용자효과와 그 비용이 해당 산업과 무관한 제3자에게 돌아가는 비사용자효과로 구분된다.

사용자효과와 외부비용이 대표적인 예인데, 일반적인 운전자는 체증유발에 대한 자신의 역할을 거의 고려하지 않기 때문에 체증비용이 외부비용으로 간주되지만, 궁극적으로 체증에 의한 외부비용이 해당 도로에 있는 운전자에게 돌아온다는 측면에서 사회적으로 소득재분배효과는 발생하지 않으며, 교통망의 경제적 효율성이 크게 감소하는 방향으로 외부비용이 발생한다. 이는 특정 집단으로 비용이 전가된다는 측면에서 클럽효과(Club Effect)라 부르기도 한다. 반면 비사용자효과와 외부비용의 발생이 해당 산업과 무관한 제3자에게 전가되는 것으로 대기오염물질과 소음 등 환경오염이 대표적인 사례다. 이는 타인의 부(Wealth)가 임의로 전가되는 것을 의미하므로 소득재분배차원에서 시장실패를 야기한다. 혼

히 외부비경제(External Diseconomy)라고 말하는 부분도 바로 비사용자효과를 의미하는 것으로 다양한 정책개발을 통하여 이를 내부화시킬 필요가 있다.

외부비용을 내부화하기 위해서는 외부비용을 정확히 계산할 필요가 있다. 교통 부문에서 발생하는 전형적인 외부비용인 대기질 오염 사례를 통해 알아보자. 통행량의 증가는 오염물질 배출량을 증가시키고 이에 따라 사람들의 건강에 피해를 미치게 되어 사회적 비용이 증가하게 된다. 이러한 사회적 비용을 정확히 도출하기 위해서는 오염물질이 얼마나 배출되고, 사람들에게 얼마나 노출되며, 노출에 따른 사람들의 반응이 어떠한지를 파악하고 이를 금전적으로 평가하는 복잡하고 정교한 과정을 거쳐야 한다. 이에 본 연구에서는 특정한 도로 환경개선에 대해 일반인들의 지불의사를 추정함으로써 외부비용의 일부를 통행료에 반영하는 방안에 대해 알아보려고 한다.

도로 상에서 환경개선이 이루어질 경우 경제주체들의 지불의사비용을 추정하고자 하는 본 연구의 연구 목적상 설문조사 시 고속도로의 이용에 따른 대기질 오염에 대한 구체적인 내용이 피응답자들에게 제시되어야 하나 이를 위해서는 대규모의 설문조사가 불가피하다. 재원 확보 및 시간적 제한 등 연구의 수행 상 제한점을 고려하여 대규모의 설문조사를 대신하여 이남형 외 (2016)에서 사용한 설문조사 자료와 추가적인 설문내용을 이용하였다. 따라서 본 연구는 추후에 보다 엄밀한 연구를 위한 예비연구(Pilot Study)의 성격을 가지는 것으로 이해할 수 있다.

이후 본 연구의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서는 국내외 사례를 통해 교통의 외부비용과 적정통행료 산정에 관한 내용을 정리하였다. 제 3장에서는 연구방법론으로서 후생변화에 대한 경제학적 기초와 조건부가치측정법의 주요 내용에 대해 살펴보았다. 제 4장에서는 추정모형을 설정하고 추정방법에 대해 기술하였다.

제 5장은 실증분석 결과를 근거로 도로 환경개선에 대한 비조건부 추가지불의사를 계산하였고, 마지막은 결론으로 할애하였다.

II. 교통의 외부비용과 적정통행료

도로이용자의 도로 이용에 의해 발생하는 비용은 크게 사적비용(Private Cost)과 외부비용(External Cost)으로 구분된다.¹⁾ 전자는 도로이용자가 개인적으로 지불하는 비용으로 운송수단을 유지하는데 드는 직접적인 비용, 운전자 보험과 같이 운송 활동에 수반되어 들어가는 비용뿐만 아니라 운전자 각 개인이 소비하는 시간적 요소까지 포함한다. 반면 외부비용은 운전자 개인의 도로 사용에 의한 사회적 비용으로 운전자 개인에게는 직접적인 비용으로 인식되지 않으나 사회적으로 공유되는 비용을 의미한다. 구체적으로 도로이용에 의해 발생하는 비용을 다음의 <Table 1>과 같이 크게 5가지로 분류할 수 있다.

적정 도로이용료를 책정하는데 있어 위의 외부비용을 내부화하여 합리적이고 지속가능한 도로이용을 가능하게 하려는 이른바 적극적 도로유료화 정책이 EU 국가들을 중심으로 확산되고 있는 추세이다. 가령 혼잡통행세(Congestion Charges), 탄소배출에 대한 세금 등은 위의 '외부비용 부담원칙'에 의한 도로유료화 정책으로 볼 수 있다.

<Table 2>에서와 같이 OECD 국가들을 대상으로 한 연구 결과에 의하면 도로 이용 관련 외부비용이 GDP에서 차지하는 비율은 대기오염, 소음, 사고비용, 교통혼잡을 모두 합쳐 약 5%가 채 되지 않는 것으로 나타나고 있다. 개별국가의 특수한 상황을 고려해 도로이용 외부비용을 추정하는 것에는 불확실성이 크나 평균만을 고려하더라도 GDP의 4% 수치는 매우 높은 것이

1) 사적비용을 내부비용(Internal Cost)이라고도 한다.

Table 1. Classification of the Costs of Transport

Cost Categories	Private Cost	External Cost
Transport Expenditure	Fuel and Vehicle Costs; Tickets/Fares	Costs Paid by Others (e.g. Free Provision of Parking Spaces)
Infrastructure-related Costs	User Charges, Vehicle Taxes and Fuel Excises	Uncovered Infrastructure Costs
Environmental Costs	Own Dis-benefits	Uncovered Environmental Costs (e.g. Noise Disturbance to Others)
Accident Costs	Costs Covered by Insurance, Own Accident Costs	Uncovered Accident Costs (e.g. Pain and Suffering Imposed on Others)
Congestion Costs	Own-time Costs	Delays/Time Costs Imposed on Others

Source: European Commission(1995), Green Paper on Towards Fair and Efficient Pricing in Transport, p.4.

Table 2. Rough Estimates of the External Costs of Transport

Air Pollution	0.4%
Noise	0.2%
Accidents	1.5%
Congestion	2.0%

Note: Figures are expressed as percentages of gross domestic product.

source: European Commission(1995), Green Paper on Towards Fair and Efficient Pricing in Transport, p.3.

다. 이는 외부비용 부담원칙에 의한 도로유료화 정책이 필요함을 보여주는 단적인 예이다.

특히 교통의 외부비용의 대표적 사례인 교통 체증에 의한 혼잡은 원활한 이동이나 수송과는 관계없는 불필요한 지체를 의미하며, 이로 인하여 경제 전반적인 비효율성의 가중과 정체 시간 증가에 따른 추가적인 환경비용 등이 발생하는 문제가 있다. 혼잡통행료는 강력한 교통수요관리 정책의 일환으로 다음의 다섯 가지 기능을 갖는 것으로 해석되고 있다(이병욱, 이승재, 2006). 첫째, 도로의 효율적 이용증대의 필요성에 의해 시행된다. 도심혼잡통행료 징수를 통한 교통량 감소효과로 혼잡을 완화하여 한정된 도로자원을 효율적으로 이용할 수 있는

효과가 있다. 둘째, 통행료 수입의 증대 효과로 통행료 수입을 교통시설 개선 및 대중교통 활성화에 투자함으로써 불이익을 받은 개인통행자에게 높은 질의 서비스를 제공하는 기능이 있다. 셋째, 대중교통의 이용 활성화 효과. 개인통행자를 대중교통으로 전환함으로써 버스회사의 수익구조 개선을 통해 대중교통 서비스의 질을 향상시킬 수 있다. 넷째, 경제의 상승효과도 기대된다. 혼잡이 완화됨으로써 도심으로의 접근성 향상 및 정시성 확보를 통해 물류비 감소 등 경제적 상승효과를 이룰 수 있다. 다섯째, 환경오염 감소 및 에너지 절약 효과로, 개인교통 수요가 감소함으로써 이산화탄소 배출 감소라는 친환경 정책을 병행할 수 있으며, 에

너지 수요를 조절할 수 있다.

이러한 혼잡비용을 통행요금에 반영한 사례를 통해 외부비용의 내부화 과정과 효과에 대해 알아보자. 최근 그 필요성이 대두되고 있는 친환경 혼잡통행료 방식은 차량의 배기량 또는 연비 등의 기준을 가지고 등급을 구분하여 혼잡통행료를 징수하는 시스템으로 이미 밀라노, 런던, 스톡홀름 등 세계 각국의 대도시를 중심으로 활발히 시행되고 있다. 이와 같은 친환경 혼잡통행료 제도는 기본적으로 혼잡 지역을 대상으로 교통수요를 통제하려는 교통수요 통제 기능과 기후변화협약 체제 하에서 당사국들의 이산화탄소 감축 의무 압력을 교통체증 감소를 통해 조절하고자 하려는 친환경 정책으로써의 기능을 가지고 있다.

유럽 국가 중에서도 가장 교통 혼잡 문제가 심각했던 영국 런던은 가장 교통 체증이 심한 피크타임(Peak Time)에 차량이 런던 시내로 들어오기 위해서는 운전 시간의 반 이상을 정체해야 했다. 이를 시정하기 위해 2003년부터 부과하기 시작한 것이 혼잡통행료(Central London Congestion Charge)다 (박현욱, 2014). 월요일부터 금요일까지 7:00~18:30 사이에 런던 시내로 들어오는 차량을 대상으로 £8(약 16,000원)의 고정요금을 부과했는데 하루 평균 약 20만대의 차량에 통행료를 부과하였다.²⁾ 결과적으로 혼잡통행료 시행 전에 비해 런던 내에서의 주행 속도가 37% 증가하고, 2002년 대비 2007년에는 평균적인 차량 감소율은 약 16%에 이르렀다. 뿐만 아니라 시행 이후 버스의 배차 간격이 좁아지는 등 공공 교통서비스의 전반적인 질이 향상되었다. 한편, 런던은 2003년부터 혼잡통행료 제도가 시행되었으며 이와는 별개로 Low Emission Zone (LEZ) 제도를 병행하여 시행하고 있다. 따라서 런던 내

부의 LEZ 지역차량이 혼잡통행료 징수 지역을 통과할 경우 LEZ 요금과 혼잡통행료를 중복으로 지불해야 한다. 혼잡통행료 제도가 가장 교정체가 심한 시간대에 선별적으로 시행된 반면 LEZ 제도는 주말과 공휴일을 포함하여 24시간 운영되고 있다. 요금징수방식은 티켓이나 톨게이트 등을 통한 직접 징수가 아닌 LEZ 진입 표지에 위치한 무인카메라가 차량 번호를 인식하여 추후 청구하는 방식을 이용한다. 결과적으로 12톤급 이상 대형 화물차량 운행률이 전년 대비 1/3 수준으로 감소하였으며 대형 화물차량 중 배출 기준을 준수한 차량 비율이 2007년 70% 수준에서 제도 시행 후 96%로 증가하였다.³⁾

10여년 전 이탈리아 밀라노는 유럽에서 가장 차량보유율이 높은 국가 중의 하나로 미세먼지 집중도가 높은 특징을 가지고 있었다. 2007년 밀라노의 연평균 및 일평균 미세먼지 집중도는 EU의 PM (Particulate Matter) 10 제한인 1m³당 50마이크로그램을 초과하며, 밀라노 시민 중 76%가 대기 질이 좋지 않다고 생각하는 것으로 나타났다. 이러한 대기오염 수준을 경감시키기 위해 2008년 1월 Ecopass 프로그램을 시범 시행하면서 종전에 비해 30%의 대기 오염 수준 감소와 10%의 교통체증 경감 효과가 있을 것으로 예상하였다.⁴⁾ 기본적으로 영국의 혼잡통행료 제도를 벤치마킹 하였으나, 가장 큰 차이점은 런던의 경우 차종에 관계없이 런던 시내 내부로 진입하는 차량을 대상으

2) 통행료 부과 감시를 위한 방법으로 통행료가 징수되는 장소에 카메라를 설치하여 감시하는 Automatic Number Plate Recognition (ANPR)을 이용하였으며, 미납차량에 대해서는 차량소유주에게 £80(약 160,000원)의 벌금을 부과했다.

3) 영국뿐만 아니라 유럽 8개국 70여개 이상의 지역에서 LEZ 제도가 시행되고 있는데, 이는 EU에서 지정된 대기질 평가 및 관리에 관한 지침(Directive 96/62/EC)의 영향이 크다. 2010년 EU 의회는 기준치 이상의 미세먼지(PM10) 수치를 기록하고 있는 영국의 일부 도시에 대하여 3개월 안에 긴급조치를 할 것을 명령한 바가 있다. 실제로 미세먼지 수치가 유럽 국가 중 가장 높았던 런던의 경우 매년 3000명이 대기오염으로 사망한 것으로 추정된 바가 있다.

4) 그러나 초기 도심통행료 부과에 대한 반대여론에 밀려 차량제한구역(traffic restricted zone; ZTL)이 초기의 60km²에서 8km²로 축소되었으며, 지역 주민에 대한 할인 부분 또한 추가되었다.

로 일괄 통행료 부과를 한 반면 Ecopass는 도심 내 주행이 가져오는 환경적 비용을 고려하여 오염 기여 정도에 따라 차종을 차등 부과했다는 점이 가장 큰 차이점이다. 이는 통행료 부과에 있어서 오염자 부담 원칙(Polluters Pay Principle)을 적용했다는 데 의의가 있다. 2009년 시행 1년 결과에 의하면 ZTL 진입 차량은 종전의 9.8만대에서 8.2만대로 감소하여 평균적으로 11.2%가 감소한 것으로 나타났다. 또한 대중교통서비스 이용객이 일평균 1.9만 명 증가하여 약 7.3% 증가하였다. 평균 통행 속도 또한 4.0% 증가하였으며, 환경적 측면에서는 미세먼지 허용치 초과일수가 2002년 125일에서 83일로 감소하였으며 그밖에 PM10 수치 23% 감소, 이산화탄소 수치 14% 감소 등 성공적인 대기오염 수준 감소를 가져온 것으로 평가였다. 차량 클래스 별 통행 분포를 살펴보면 오염수준이 높은 차량에 대해 유의미한 정도의 차량 통행 감소 효과가 있었음을 알 수 있다(조은경, 2009).

스웨덴 스톡홀름 2006년 9월 주민투표를 실시하여 2007년 10월 영구적으로 혼잡통행료 징수가 결정되었다. 평일 6:30에서 18:30 사이에 스톡홀름 시내에 진입하는 차량과 진출하는 차량 모두에 통행료 징수가 이루어지며 혼잡시간대에 징수요금(최대 약 8달러)을 가중 부과(오전과 오후 시간에 가장 많은 요금을 부과) 교통수요 조절기능을 강조하였다. 친환경 차량에 대해서는 통행료 납부를 면제시켜주는 제도를 가지고 있으며, 환경제한구역(EZ: Environmental Zone)을 설치하여 환경제한구역에 제한차량이 진입할 경우 통행료를 과징수하는 방법을 이용하였다. 시행 결과 연간 2만 5천톤에 해당하는 이산화탄소 배출이 14%까지 감소한 것으로 나타났으며, 제도 도입으로 증가한 세입은 부분적으로 "Forbifart Stockholm"이라 불리는 신규 우회로 건설을 지원하고 친환경 차량에 대한 세금 보조에 이용되었다. 교통량 또한 그전에 비해 약 22%가 감소하였으

며, 대중교통 이용객은 2005년 대비 6%(이 중 2%는 대중교통 체계의 개선에 따른 것임) 증가한 것으로 나타났다(모창환, 2009).

독일은 유럽의 중심부에 위치한 지리적 여건 때문에 트럭을 이용한 남북, 동서 간 차량 이동이 많은 특징이 있다. 기존의 차량에 대한 연료세 부과가 고속도로 인프라 정비유지를 위한 재원을 확보하는데 효율적이지 않음이 드러나자 대형트럭을 대상으로 주행거리를 기준으로 한 도로 유료화 정책의 일환으로 본격적으로 HGV(Heavy Goods Vehicle) 통행료를 시행하였다.⁵⁾ 기본적으로 재원 확보를 위한 도로유료화 정책의 일환으로 일차적인 목적은 도로이용자들의 인프라 관련비용(Infrastructure-related costs)을 충분히 보전하기 위한 이용자 비용부담 원칙을 표방하고 있다. 이차적인 목적으로는 대형 차량에 대한 통행료 징수로 저배출 차량의 사용과 좀 더 효율적인 차량 용량 활용을 촉구하는 친환경 정책을 지향하는 것으로 해석할 수 있다. 시행이후 오염등급이 높은 트럭에 대한 높은 통행료 부과 결과 청정 트럭 이용률이 급격하게 높아지는 양상이 관측되었다. EU에서 정한 오염물질 배출 정도에 의한 차량의 5등급 분류(Euro 5 classes)를 기준으로 청정차량인 Euro 4와 Euro 5의 비율이 2005년 2%에서 2009년 62%로 급격하게 증가한 반면 오염등급이 높은 차량인 Euro 1, Euro 2, Euro 3의 비율은 98%에서 38%로 60% 정도 감소하였다.

국내의 혼잡통행료 부과 사례에는 1993년 서울시 교통종합대책에 의해 시행된 남산 1·3호 터널에 혼잡통행료를 부과하였다. 이는 운전자를 포함한 2인 이하의 인원이 탑승한 10인승 이하 승용 자동차에 대하여 2,000원의 통행료를 청구하였다. 그러나 시행 10주년 실태조

5) 통행료 부과 기준은 주행거리와 차량의 오염기여 정도에 따른 차량 클래스 분류, 차량에 설치되어 있는 엑셀(차축)의 개수에 따라 달라진다. 부과대상 지역은 독일의 아우토반 고속도로로 약 7,700 마일(12,392 km)을 포함하고 있다.

Table 3. Traffic Congestion Cost Trend

Year	2008	2009	2011	2011	2012	2013	2014	2015
Traffic Congestion Cost (Trillion Korean Won)	26.9	27.7	28.5	29.1	30.3	31.4	32.4	33.3
Year-on-Year Growth Rate (%)	1.5	3.0	2.9	2.1	4.1	3.6	3.2	2.8

Source: Statistics Korea e-Nara Index. www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?idx_cd=1248, (accessed May 15, 2018)

사 결과에 의하면 남산 혼잡통행료 부과에도 불구하고 총통행량과 면제차량의 증가로 실질적으로 교통수요 조절 효과가 없었던 것으로 나타났다. 총통행량은 시행 전 하루 9만 404대에서, 시행 8년 8만 5,322대로 감소하다가 시행 8년부터 증가해 시행 10년째인 2006년 9만 2,550대로 다시 늘어났다. 면제 차량의 비율 또한 시행 전 31.5%에서 시행 10년 57.1%로 시행 전과 비교할 때 오히려 81.2%나 늘어난 것으로 조사되었으며, 수입금은 12.1%가 늘어났다. 이러한 실패 원인은 대국민 홍보의 부족과 낮은 통행료뿐만 아니라 혼잡통행료 부과 시 도로 개념이 아닌 지역(Zone) 개념의 설정에 대한 고려가 부족한 것으로 보인다.⁶⁾

e-나라지표에 의하면 2012년도 전국의 지역 간 도로와 7대도시의 도로상의 교통혼잡비용은 총 30조 3천억 원으로 전년 대비 4.2% 증가하였으며, GDP의 2.2% 규모에 달하는 것으로 추정되었으며, 지역 간 도로보다는 7대 도시 내 교통혼잡비용이 약 1.72배 정도 큰 것으로 추정되었다. 2012년도 전국 지역간 교통혼잡비용은 총 11.13조원으로 추정되며, 도시부 교통

혼잡비용은 19.19조원으로 전체 교통혼잡비용의 63.29%를 차지하였다. 특히 서울이 8.41조원으로 가장 크게 나타났으며, 울산의 경우 10년간 연평균 증가율은 5.9%로 다른 광역시에 비해 상대적으로 크게 증가하였다. <Table 3>에서 보이듯이 교통혼잡비용이 지속적으로 증가하고 있으나 그 규모면에서 GDP의 2.2%에 달할 정도이며, 교통혼잡은 국가 경제활동에 큰 영향을 미치므로 교통 혼잡을 완화하기 위한 지속적인 노력이 필요하다. 이에 정부와 지자체에서는 교통혼잡을 줄이기 위하여 대중교통중심의 교통체계 구축, IT기술을 활용한 도로이용의 효율성 증진과 지속적인 교통수요관리 정책 등의 노력을 기울이고 있다.

한편, 우리나라의 통행요금 책정 방식은 기본적으로 운전자의 외부비용 부담 원칙이 아닌 편익에 대한 반대급부를 강조하는 수익자 부담 원칙을 고수하고 있다. 가령 고속도로 통행료 산정기준은 수익자 부담원칙에 기반한 2부요금제(기본료+주행료)로 차종에 따른 차등을 두고 있다. 구체적으로 통행료 산정은 다음과 같은 식 (1)로 일반화 할 수 있다.

$$T_k = BT_k + (RD \times RT_k) \tag{1}$$

여기서, k는 차종, BT는 기본요금, RD는 주행거리, RT는 주행요금이다.

이와 같은 수익자 부담 원칙 하의 요금 제도는 도로 이용에 따른 외부비용을 충분히 내부

6) 실제로 남산 1, 3호 터널의 혼잡통행료 부과 방식은 교통축 방식의 하나로 볼 수 있는데 이는 혼잡한 고속도로 등을 선 개념으로 이해하여 통행료를 부과하는 방식으로 볼 수 있다. 그러나 이러한 방식은 우회로를 이용하여 서울 내부에 진입하는 것이 가능하여 전체적인 교통량 감소에 큰 도움이 되지 않는 문제가 있기 때문에 서울 시내 전체의 일괄적인 교통수요관리를 위해서는 면 개념의 지역 설정을 통해 모든 차량에 대하여 통행료를 징수하는 정책이 필요하다.

화하지 못하고 있을 뿐 아니라 혼잡도, 환경오염 정도 등에 따른 유연한 요금 청구가 불가능하다는 단점이 지적되고 있다. 따라서 이를 좀 더 세분화하여 식 (2)와 같이 주행시간대(l), 도로구간(h) 별로 통행요금요율을 더 차등화해서 적용하는 방안이 제시되고 있다.

$$T_{klh} = BT_{klh} + (RD \times RT_{klh}) \quad (2)$$

또한 수익자 부담 원칙은 도로 이용에 따른 외부적 비용인 대기환경오염에 미치는 차량별 기여도를 공정하게 반영하지 못하고 국제적 추세인 오염자 부담원칙에 부합하지 못하는 문제점이 지적되고 있다.

III. 연구방법론

도로환경 개선사업의 결과 환경이 개선된 상황에서 최초의 환경수준을 q^0 라 하고, 개선된 환경수준을 q^1 이라 하자. 환경개선의 혜택을 받는 어떤 개인은 이로 인해 후생이 증대되고, 이 후생의 증대분을 환경개선에 따른 경제적 가치로 정의할 수 있다.

어떤 개인이 시장에서 구입하는 각종 재화나 서비스의 가격을 p 라 하고, 이 개인의 실제 소득을 m 이라 할 때, 이 개인이 이러한 가격조건과 소득을 가지고 q^0 의 환경질 하에서 얻는 만족도 혹은 효용을 간접효용함수(Indirect Utility Function) $v(p, m, q^0)$ 로 나타낼 수 있다. 마찬가지로 이 개인이 q^1 의 환경질 하에서 얻는 효용의 수준을 간접효용함수 $v(p, m, q^1)$ 로 나타낼 수 있다. 환경질이 개선될 경우 개인의 효용은 늘어나면 결국 $v(p, m, q^1) > v(p, m, q^0)$ 이 된다.

도로환경 개선사업에 따른 편익이란 해당 사업으로 인해 늘어난 효용증가분을 화폐액으로 환산한 것이다. 이러한 편익의 변화는 도로환경 개선사업 전후의 효용수준이 일치하기 위해

서는 소득이 어느 정도 변해야 하는지를 추정해 금전적으로 계산할 수 있다. 통상적으로 경제학적 이론에서 설명하는 보상변화와 동등변화의 개념을 이용한다.

보상변화(Compensating Variation)는 환경개선으로 인해 추가적으로 발생한 효용의 증가분을 환경개선 이전의 효용수준과 같도록 만들어주는 새로운 소득수준과 환경개선 이전의 소득수준과의 차이로 다음의 식 (3)을 만족하는 CV값을 의미한다. 보상변화는 환경이 개선되는 경우 소비자가 지불할 의사가 있는 최대한의 금액을 말하며, 이를 소비자의 지불의사금액(Willingness to Pay)이라고도 한다.

$$v(p, m, q^0) = v(p, m - CV, q^1) \quad (3)$$

반면, 동등변화(Equivalent Variation)에서는 환경개선의 편익은 개선 후에 얻는 효용을 기준으로 정의된다. 환경개선 후에는 개인이 얻는 효용이 커지므로 환경이 개선되기 전의 효용수준을 환경개선 이후의 효용수준과 같게 만들어 주는 소득의 증가분으로 다음의 식 (4)를 만족하는 EV값을 말한다. 동등변화는 환경이 q^1 으로 개선되지 않고 q^0 에 머무는 현상을 받아들이는 대신 각 개인이 정부로부터 받고자 하는 최소한의 금액이기 때문에 환경개선사업에 대한 수용의사금액(Willingness to Accept)이라 불리기도 한다.

$$v(p, m, q^1) = v(p, m + EV, q^0) \quad (4)$$

본 연구에서는 개인들의 도로환경 개선에 따르는 추가적인 교통비 지불의사금액을 추정하는 것이므로 지불의사금액을 환경개선에 따르는 사회적 편익으로 간주할 수 있다.

교통부문 뿐만 아니라 다양한 유형의 환경개선에 따른 편익의 변화를 추정하는 방법에는 헤도닉 가격기법(Hedonic Price Method), 여행비용 접근법(Travel Cost Method), 회피행

등 분석법(Averting Behavior Method), 조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method, CVM) 등이 있다. 특히, CVM은 자원 및 환경경제학 분야에서 더욱더 광범위하게 사용되고 있으며 실험설계, 마케팅, 정치과학, 심리학, 사회학, 조사연구 등의 적용 영역을 넓혀가고 있다. 현재 가장 많이 활용되고 있는 CVM은 NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) 보고서에서도 존재가치나 여타 비사용가치들에 대해 신뢰할 만한 정보를 제공할 수 있음을 확인한 바 환경개선사업에 대한 가치측정에 있어 유용하게 사용될 수 있다.

CVM은 사람들이 어떤 공공재나 환경재에 부여하고 있는 가치를 직접적으로 이끌어내는 방법으로 설문을 통해 사람들의 환경재에 대한 가치나 공공정책에 따른 편익의 변화를 도출한다. 특별히 고안된 설문지는 환경재 변화에 대한 가상적인 상황을 설정하고 여러 조건을 달아 사람들을 가상적인 상황에 결합시켜 이런 조건하에서 응답자들은 환경질의 가상적인 변화에 대해서 어느 정도 지불의사가 있는지를 대답하는 구조 갖는다. CVM은 강한 이론적 근거에 기반을 두고 있으며 다음과 같은 장점을 가지고 있다. 첫째, 다른 기법에 비해 보다 많은 환경재에 적용될 수 있다. 둘째, 다양한 유형의 비사용가치를 직접 측정할 수 있다. 셋째, Hicks적 후생(Hicksian Welfare)을 정확하게 직접 측정할 수 있다. 넷째, 특정 유효성 및 신뢰성을 검사할 수 있도록 설계할 수 있다.

그러나 선호를 나타내려는 응답자의 의사와 능력에 크게 의존한다는 점에서 CVM이 성공적으로 편익추정에 사용되려면 설문지 작성, 설문과정 등 CVM 적용의 전 과정에서 발생할 수 있는 전략적 행위, 가상성 편익, 의향과 행동의 상관관계 등을 충분히 살펴볼 필요가 있다. 또한 설문방식을 편익측정의 수단으로 사용하기에 지불의사 유도방법이나 설문방법 등도 CVM에서는 중요한 부분이다.

CVM은 대상재화 선정, 시나리오 작성, 설문

지 작성, 현장설문 시행, 필요정보 수행의 순으로 진행된다. CVM의 핵심인 설문조사는 크게 조사기획단계, 실사단계로 나뉜다. 조사기획단계에서는 자료 수집과 정교한 설문지 작성을 위해 여러 차례의 수정을 거쳐 1차 설문지를 작성하고, 이를 토대로 비교적 적은 수의 표본을 대상으로 사전조사(Prestest)를 실시한 후 수정을 거쳐 설문지의 내용을 최종 확정하게 된다. 그리고 실사단계는 확정된 설문지를 바탕으로 설문을 실시하는 과정으로 설문조사원 교육, 설문 실시, 설문지 작성, 자료 입력, 확인 및 수정 단계를 거쳐 필요한 정보를 도출하는 분석단계로 넘어간다.

조건부 시장 설정에 있어서 중요한 역할을 하는 것은 응답자가 밝히고자 하는 지불의사를 쉽게 표현할 수 있도록 지불수단을 제시하는 것이다. 현실성 있는 지불수단이 되도록 가상의 시장을 설정하는 것은 응답자가 진정한 가치를 밝힐 수 있도록 유도한다는 것과, 가상적 상황을 좀 더 현실화시킨다는 것, 또한 의도와 행동 간의 관계를 밀접하게 할 수 있다는 점에서 중요하다. 본 연구에서는 고속도로 통행료에 추가적인 환경부담금을 부과하는 방법을 지불수단으로 선정하였다.

CVM의 실증연구에서 주로 사용되는 지불의사 유도방법으로는 개방형 질문법(Open Ended Question), 경매법(Bidding Game), 지불카드법(Payment Card), 양분선택형 질문법(Dichotomous Choice Question) 등이 있다. 본 연구에서는 개방형 질문법을 이용하여 응답자가 자신들의 지불의사 비용을 직접적으로 대답하도록 유도하였다. 본 연구는 여론조사 전문기관인 리서치 프라임에 설문을 의뢰하여, 과학적인 표본추출, 전화나 우편조사가 아닌 여론조사 숙련가들의 능숙하고 세련된 일대일 면접조사로 진행되었다.⁷⁾

본 연구에서는 CVM을 활용해 도로환경 개

7) 설문진행과 관련된 보다 자세한 내용은 이남형 외(2016)을 참고하길 바란다.

선사업 중 일환인 생태통로와 같은 야생동물 교통사고 예방사업 추진을 위해 고속도로 통행료로 얼마나 추가적으로 지불하고자 하는 지에 대해 질문하였다. 최종적으로 응답자에게는 “만일 야생동물 교통사고 예방사업을 위해 고속도로 통행료 중 기본요금을 추가적으로 인상한다면 귀하는 얼마나 추가적으로 더 지불하실 의사가 있으십니까?”로 제시되었다.

IV. 모형설정 및 추정방법

이하에서 설명하는 모형은 CVM 실증연구에서 자주 가정되고 이용되는 함수 형태의 도출 과정에 ‘이분산’의 개념을 도입하는 경과를 이해할 수 있도록 변형한 것이다. 특성변수벡터 x_i 를 가지고 있는 가구 i 의 보상변화액(= $CV(x_i)$)이 평균 $\mu(x_i)$, 스케일 파라미터 $\sigma(x_i)$ 의 로지스틱 분포를 따른다고 가정하면 다음의 식 (5)와 같이 나타낼 수 있다. 동등변화의 값은 음(-)의 값을 가질 수 있고, 그 평균 $\mu(x_i)$ 또한 음(-)의 값을 가질 수 있다.

$$\begin{aligned} \Pr[CV(x_i) \leq w] &= F_{CV_i}(w) \\ &= \left[1 + \exp\left(\frac{\mu(x_i) - w}{\sigma(x_i)}\right) \right]^{-1} \end{aligned} \quad (5)$$

가구 i 의 동등변화 $CV(x_i)$ 가 양의 값인 경우 i 가 현시하는 지불의사금액은 $CV(x_i)$ 이지만 $CV(x_i)$ 가 0보다 작거나 같은 경우 i 가 현시하는 지불의사금액은 0이라고 정의하자. 그러면 i 가 현시하는 지불의사금액 (이를 $WTP(x_i)$ 로 표기하자)은 식 (6)과 같다.

$$WTP(x_i) = \max\{CV(x_i), 0\} \quad (6)$$

특성변수벡터 x_i 를 가지고 있는 가구들의 평균⁸⁾ 보상변화($E[CV(x_i)]$)는 $\mu(x_i)$ 이지만 사

8) 주어진 특성변수값에서의 조건부 평균을 말한다.

람들이 현시하는 지불의사금액의 평균 $E[WTP(x_i)]$ 는 식 (7)과 같이 구해진다.⁹⁾

$$\begin{aligned} E[WTP(x_i)] &= \int_0^{\infty} w dF_{CV_i}(w) \\ &= \sigma(x_i) \ln \left(1 + \exp\left(\frac{\mu(x_i)}{\sigma(x_i)}\right) \right) \end{aligned} \quad (7)$$

위 모형에서 스케일 파라미터 $\sigma(x_i)$ 는 $CV(x_i)$ 의 분산과 관련이 있는 모수이므로 이 분산(Heteroskedasticity)이란 $CV(x_i)$ 의 분산이 x_i 의 함수임을 의미함을 알 수 있다. 만일 $\sigma(x_i) = \sigma_0$ 로 일정할 경우 $CV(x_i)$ 의 분포는 동분산(Homoskedasticity)을 보인다고 한다.

$CV(x_i)$ 가 동분산일 경우, $E[WTP(x_i)]$ 는 $\mu(x_i)$ 의 단조증가함수이므로, $\mu(x_i)$ 를 증가시키는 방향으로의 x_i 의 변화는 $E[WTP(x_i)]$ 를 증가시킨다. 반대로 $\mu(x_i)$ 를 감소시키는 방향으로의 x_i 의 변화는 $E[WTP(x_i)]$ 를 감소시킨다. 반면 $CV(x_i)$ 가 이분산을 보일 경우, x_i 의 변화가 $E[WTP(x_i)]$ 에 어떤 영향을 줄 것인지는 일정하지 않다. 식 (8)에서 볼 수 있는 바와 같이 x_i 의 변화는 $\mu(x_i)$ 뿐 아니라 $\sigma(x_i)$ 의 변화도 초래하므로 $\sigma(x_i)$ 의 변화로 인한 $E[WTP(x_i)]$ 의 변화도 고려해야 해야 하기 때문이다. $E[WTP(x_i)]$ 의 $\sigma(x_i)$ 에 대한 1계 도함수를 계산하면 식 (9)와 같다.

$$\begin{aligned} \frac{\partial E[WTP(x_i)]}{\partial \sigma(x_i)} &= \frac{\mu(x_i)}{\sigma(x_i)} \\ \left[\frac{E[WTP(x_i)]}{\mu(x_i)} - \Pr[CV(x_i) > 0] \right] & \end{aligned} \quad (9)$$

식 (9)로 알 수 있는 바는, $\sigma(x_i)$ 의 변화로

9) 우리 모형을, 예를 들어, Lim et al.(2018)의 식 (9)를 우리 모형의 식 (7)과 비교해 보면 Lim et al.(2018)의 α 는 우리 모형의 식 (11)에서 $\mu(x)/\sigma(x)$ 에 해당되고 Lim et al.(2018)에서 $1/\beta$ 는 우리 모형에서 $\sigma(x)$ 임을 알 수 있다. 따라서 식 (7)의 정의는 Lim et al.(2018)와 같은 계량모형을 다른 방식으로 해석하는 것에 불과하다.

인한 $E[WTP(x_i)]$ 의 변화는 그 때의 $E[WTP(x_i)]/\mu(x_i)$ 값과 $\Pr[CV(x_i) > 0]$ 의 상대적 크기에 따라 달라진다는 것이다. 만일 해당 x_i 에서 $E[WTP(x_i)]/\mu(x_i) > \Pr[CV(x_i) > 0]$ 이라면 $\sigma(x_i)$ 를 증가시키는 방향으로의 x_i 의 변화는 $E[WTP_i(x_i)]$ 를 증가시킨다. 하지만 해당 x_i 에서 $E[WTP(x_i)]/\mu(x_i) < \Pr[CV(x_i) > 0]$ 이라면 $\sigma(x_i)$ 를 증가시키는 방향으로의 x_i 의 변화는 $E[WTP_i(x_i)]$ 를 감소시킨다. 따라서 이분산이 존재하는 경우 x_i 의 변화가 초래하는 $E[WTP_i(x_i)]$ 의 변화는 x_i 의 변화로 인해 발생하는 $\mu(x_i)$ 와 $\sigma(x_i)$ 의 변화, 그리고 해당 가구의 $E[WTP(x_i)]/\mu(x_i)$ 값과 $\Pr[CV(x_i) > 0]$ 의 상대적 크기 등 복잡한 요인의 상호작용으로 결정된다.

그러므로 이분산이 존재하지만 이를 명시적으로 고려하지 않는 경우 여러 가지 정책적 조치들에 의해 $E[WTP(x_i)]$ 가 어떻게 달라질지 판단함에 있어 오류를 범하게 된다. 이런 이유로 본 연구에서는 이분산의 가능성을 고려하여 여러 가지 모형을 수립한 후 통계적 검정을 통해 이분산 여부를 판단하여 최종 모형을 수립하였다.

$\mu(x_i)$ 와 $\sigma(x_i)$ 에 대해 식 (10), (11)과 같이 모수적 가정을 하자.

$$\mu(x_i) = \beta_0 + \beta_1 x_{1,i} + \beta_2 x_{2,i} + \dots + \beta_k x_{k,i} \quad (10)$$

$$\begin{aligned} \ln\sigma(x_i) &= \gamma_0 + \gamma_1 x_{1,i} + \gamma_2 x_{2,i} + \dots + \gamma_r x_{r,i} \\ \sigma(x_i) &= \exp(\ln\sigma(x_i)) \end{aligned} \quad (11)$$

$\sigma(x_i)$ 의 추정치가 양(+)의 값을 갖도록 하기 위해, 식 (11)에서와 같이 자연대수($\ln\sigma(x_i)$)에 대해 어떤 특성변수들의 선형함수라고 가정하였다. 이분산의 존재여부는 $\ln\sigma(x_i)$ 함수에 포함된 특성변수의 계수들($\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_r$)이 모두 0인지 검정하여 판단할 수 있다. 이분산 검정에

는 우도비검정법이 사용되는데, 우도비검정법이란 $\ln\sigma(x_i)$ 함수에 포함된 특성변수의 계수들($\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_r$)이 모두 0이라는 제약하에서의 모형의 최대로그우도값(Maximum Loglikelihood Function Value)와 제약이 없는 모형의 최대로그우도값의 차의 절대값에 2를 곱한 값이 동분산일 경우 점근적으로 자유도 r인 χ^2 분포를 따른다는 통계적 특성을 이용해 두 모형이 통계적으로 유의미하게 다른지를 판단하는 방법이다.

모형의 추정에는 최우추정법을 사용하였다. 분석에 이용된 설문은 개방형으로 개별 가구 i 는 자신들의 지불의사금액 WTP_i 를 직접 응답하도록 유도하였다. 응답된 WTP_i 가 0원일 경우 ($I_i^Y = 0$) 우도기여도는 식 (12)이고 응답된 WTP_i 가 0보다 큰 경우 ($I_i^Y = 1$) 우도기여도(Contribution to the Likelihood Function)는 식 (13)이다.

$$\begin{aligned} \ln(\Pr[WTP_i = 0 | x_i]) &= \ln(\Pr[CV(x_i) \leq 0]) \\ &= \ln(F_{CV,i}(0)) \end{aligned} \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \ln(f_{CV,i}(WTP_i)) &= \ln\left(\frac{F_{CV,i}(WTP_i) \times [1 - F_{CV,i}(WTP_i)]}{\sigma(x_i)}\right) \end{aligned} \quad (13)$$

이로부터 위 모형의 다음의 식 (14)와 같은 로그우도함수를 도출할 수 있다.

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(\beta, \gamma) &= \sum_{i=1}^n I_i^Y \ln[f_{CV,i}(WTP_i)] \\ &+ (1 - I_i^Y) \ln[F_{CV,i}(0)] \end{aligned} \quad (14)$$

모형의 모수 $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$ 와 $\gamma = (\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_r)$ 의 최우추정량(Maximum Likelihood Estimator) $\hat{\beta} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k)$, $\hat{\gamma} = (\hat{\gamma}_0, \hat{\gamma}_1, \dots, \hat{\gamma}_r)$ 는 위의 로그우도함수를 최대화하는 값이다. 이 추정량의 일치성과 점근적 정규성 등은 이

미 잘 알려져 있다.

$\mu(x_i)$ 의 모수 $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ 와 $\ln\sigma(x_i)$ 의 모수 $\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_r$ 을 추정함으로써 $\mu(x_i)$ 와 $\sigma(x_i)$ 를 추정하게 되며, 이 $\mu(x_i)$ 와 $\sigma(x_i)$ 의 추정치를 이용해 조건부 확률 $\Pr[CV(x_i) > 0] = \Pr[WTP(x_i) > 0]$ 또는 조건부 평균 지불의사금액 $E[WTP(x_i)]$ 등의 추정값을 구하고 다시 이들을 이용해 비조건부 확률 $\Pr[WTP > 0]$ 또는 비조건부 평균 지불의사금액 $E[WTP]$ 등의 추정을 할 수 있다. $E[WTP(x_i)]$ 의 추정값 $E[\widehat{WTP}(x_i)]$ 은 식 (7)의 가장 오른쪽에 있는 식에 $\mu(x_i)$ 와 $\sigma(x_i)$ 대신 이들의 추정값인 $\hat{\mu}(x_i)$ 와 $\hat{\sigma}(x_i)$ 를 대입해 구할 수 있다. $\Pr[WTP(x_i) > 0]$ 의 추정값 $\Pr[\widehat{WTP}(x_i) > 0]$ 은 식 (5)의 가장 오른쪽의 식에 $w = 0$, $\mu(x_i) = \hat{\mu}(x_i)$, $\sigma(x_i) = \hat{\sigma}(x_i)$ 를 대입하여 계산한 후 이를 1에서 빼면 된다.

특정한 특성변수 값을 갖는 개별가구의 행위를 예측하기 위해서는 $E[\widehat{WTP}(x_i)]$ 와 $\Pr[\widehat{WTP}(x_i) > 0]$ 가 유용하지만 사회 전체적인 평균적 지불의사금액을 예측하기 위해서는 개별가구당 비조건부 기대지불의사금액 ($E[WTP]$)과 임의의 가구가 양(+의) 지불의사를 가질 비조건부 확률($\Pr[WTP > 0]$)이 필요하다. 본 연구에서는 이 값들을 식 (15), (16)과 같이 추정하였다.

$$E[\widehat{WTP}] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N E[\widehat{WTP}(x_i)] \quad (15)$$

$$\Pr[\widehat{WTP} > 0] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Pr[\widehat{WTP}(x_i) > 0] \quad (16)$$

사회의 총 가구수를 N 이라고 하면 사회 전체의 기대지불의사금액($E[Total\ WTP]$)은 식 (17)과 같이 추정할 수 있다.

$$E[Total\ \widehat{WTP}] = \sum_{i=1}^N E[\widehat{WTP}(x_i)]$$

$$= N \cdot E[\widehat{WTP}] \quad (17)$$

식 (16)은 임의의 가구가 양(+의) 지불의사를 가질 확률($\Pr[WTP > 0]$)의 추정값이자 사회 전체 가구 중 양(+의) 지불의사를 가진 사람들의 비율의 추정값이기도 하며 이를 또한 정책으로 인해 이익을 보는 가구의 비율로 해석할 수 있다.

V. 실증분석 결과

$\mu(x)$ 의 모형에 이용한 특성변수들은 연 평균 가구 소득(*famincome*, 천만원 단위), 가구 소득의 제공량, 가구 구성원 수(*famsize*), 고속도로 이용 빈도(*highwayuse*), 환경문제에 대해 적극적인가 여부(*denw*), 로드킬 및 생태통로에 대한 사전 지식 여부(*dinformed*) 등이 고 $\ln\sigma(x)$ 에 포함된 변수는 환경문제에 대해 적극적인가 여부(*denw*)이다.

식 (3)의 간접효용함수 $v(\cdot, m, q^0)$ 과 $v(\cdot, m, q^1)$ 이 소득(m)에 대한 한계효용이 체감하여 두 함수 모두 $\partial^2 v / \partial m^2 < 0$ 이라면 식 (3)에 의해 정의되는 CV 는 소득의 이차함수로 근사될 수 있다.¹⁰⁾ CV 의 평균인 $\mu(x)$ 에 가구소득(*famincome*)과 가구소득의 제공량을 포함시킨 데에는 이런 이론적 배경이 있다. 한편, 식 (3)의 효용함수 변화, 즉 $v(\cdot, m, q^0)$ 에서 $v(\cdot, m, q^1)$ 로의 변화의 크기는 m 이 동일한 가구라도 가구 특성에 따라 달라질 수 있고 이로 인해 CV 의 크기 또한 가구소득 이외의 다른 가구 특성 변수의 함수일 수 있다. 가구 구성원 수와 고속도로 이용 빈도는 이런 가능성을 부분적으로라도 통제하기 위해 포함시켰다. 그리고, 이 연구의 CVM의 질문이 야생동물 교통사고 예방에 대한 지불의사금액이므로 이는 피질문자의 환경에 대한 인식

10) 이충기·박상수(2016) 참고.

Table 4. Estimation Results

	Coefficient	Standard Error	t-Statistics	
$\mu(x_i)$	<i>famincome</i>	0.0409	0.0180	2.27
	<i>famincome</i> ²	-0.0024	0.0011	-2.22
	<i>famsize</i>	-0.0246	0.0150	-1.64
	<i>highwayuse</i>	-0.0005	0.0038	-0.13
	<i>denv</i>	0.0390	0.0362	1.07
	<i>dinformed</i>	0.0329	0.0402	0.82
	Constant	0.0020	0.0556	0.05
$\ln\sigma(x_i)$	<i>denv</i>	0.3274	0.0633	5.17
	Constant	-1.2423	0.0466	-26.63
Sample Size		1398		
Loglike		-1207.91		
LR test ($H_0 : \sigma(x_i) = const.$)		$\chi^2_{(1)} = 26.26$ (p-value=0.00)		

수준에 따라 그 지불의사가 다를 수 있음을 예상할 수 있다. 이런 이유로 *denv*와 *dinformed*를 모형에 포함시켰다. $\ln\sigma(x)$ 에는 이분산을 통제하고자 공변량을 포함시키는 것이어서 $\mu(x)$ 에 포함시킨 공변량들 중 통계적으로 유의성이 높은 변수만을 고려했다.

〈Table 4〉은 분석에 사용된 특성변수벡터와 추정결과를 보여준다.

$\mu(x_i)$ 함수의 *famincome*는 유의수준 5%에서 유의적으로 양(+), *famincome*²는 유의수준 5%에서 유의적으로 음(-)이다. 표본의 소득 구간을 고려하면 이 추정 결과는 소득이 높을수록 평균보상변화율이 높아지기는 하지만 증가의 정도는 줄어드는 체감적 증가 양태를 보인다는 점을 알 수 있었다. $\mu(x_i)$ 함수의 *famsize*는 통계적으로 유의적이지 않고, 계수 추정치 자체도 그리 크지 않으며, 가구구성원의 숫자와 평균지불의사금액은 별로 관계가 없다는 것을 나타낸다. $\mu(x_i)$ 함수에서 *highwayuse*의 계수는 극히 작으며 통계적 유의성도 매우 낮다. 이는 고속도로를 이용하는 빈도와 지불의

사금액은 관련이 없을 가능성을 보여 준다. $\mu(x_i)$ *denv*와 *dinformed*의 계수는 양(+)이나 통계적 유의성은 없었다.

추정결과를 이용해 가구당 비조건부 평균지불의사금액($E[WTP]$)을 계산한 결과는 약 147원으로 추정되었다. 이는 고속도로 이용 시 추가적으로 평균 147원을 지불할 용의가 있는 것으로 해석할 수 있다. 즉, 본 설문이 2011년 6월에 진행되었음을 고려하여 2011년 고속도로를 이용한 통행차량 중 요금이 부과된 통행량을 곱하면 고속도로에서 발생하는 야생동물들의 로드킬로 인한 생태계훼손에 따른 외부비용을 내부화할 수 있다.

본 연구가 예비연구로서 진행된 점을 감안하여 사회전체적인 외부비용을 산출하지는 않았지만 향후 교통 부문에서 발생하는 대기질 오염과 같은 직접적인 사안에 대해 보다 정교한 설문과 추정을 통해 외부비용을 정확하게 추산할 수 있을 것이다. 효율적인 자원배분과 사회적 후생증진을 위해 이렇게 추정된 외부비용을 통행료에 일시금(Lump-Sum) 방식으로 부과하

는 방법을 검토해볼 만하다.

VI. 결론

우리나라 2013년 기준 교통부문의 에너지 소비량은 전체 소비량의 18% 차지하며, 특히 교통부문의 온실가스 배출량은 전체 배출의 약 15%를 차지해 교통수요 확대에 따라 향후 지속적으로 증가할 전망이다 (교통연구원a, 2017). 온실가스로 국한해서만 보더라도 대기 오염 비용과 기후변화에 따른 비용 등 도로 사용에 따른 외부비용이 적지 않을 것으로 예상할 수 있다. 대기오염이나 기후 변화에 따른 비용 이외에도 소음 비용 등 다양한 외부비용이 존재하는 바, 적어도 이론적으로는 외부비용의 내부화를 통해 도로 사용의 가격을 시장 가격 수준으로 조정할 수 있다. 하지만 실제로는 아직까지 도로 통행료 책정에 있어 외부비용을 고려한 책정은 미흡한 실정이다. 이에 본 연구는 CVM을 통해 외부비용의 규모를 추산할 수 있다는 점을 설명하였고, 일종의 파일럿 연구로서 고속도로를 이용함으로써 발생하는 외부비용 중 일부인 로드킬로 인한 야생동물 교통사고 예방을 위해 추가적으로 지불하는 통행료 인상분을 조건부가치측정법을 통해 추정하였다.

외부비용의 내부화란 경제적 수단들을 이용해 외부비용을 경제행위 당사자들이 부담하도록 하는 것을 말하며, 간접적 규제 방안으로는 피구세 또는 코즈의 해법을 이용하여 내부화한다. 만일 고려하고 있는 경제활동에 외부비용 뿐 아니라 외부경제성이 있다면 외부비용으로 인한 비효율성을 교정하기 위한 수단들의 효과와 아울러 그 수단들이 외부경제성으로 인해 발생하는 비효율성을 어떻게 교정하는지도 고려하여 종합적인 효과를 측정하여야 한다 (Maibach et al., 2008). 본 연구가 고속도로 상에서 발생하는 외부비용의 내부화한 것이라

는 점에서 고속도로 이용에 따른 외부비용을 추정할 때 유의해야 할 쟁점에 대해 몇 가지 사례를 통해 정리하며 마무리하고자 한다.

먼저, 고속도로 이용 시 발생하는 외부성을 판단할 경우 다음과 같은 점들을 고려해야 한다. 예컨대 소음비용의 경우 시내교통에서 발생하는 소음은 항상 주변 보행자들에게 끼치는 불편을 끼치므로 그 불편의 가치는 외부적 소음비용으로 간주될 수 있으나 고속도로 중 주변에 인가가 없는 부분에서 발생하는 소음은 외부비용을 초래한다고 볼 수 없다. 이러한 외부비용의 금전적 가치는 적어도 부분적으로는 고속도로 주변의 낮은 주택가격 및 지가 등으로 측정될 수 있다. 고속도로 주변 거주자들이 자신들의 주택가격 및 지가를 높이기 위해 자발적으로 방음벽 등을 설치하고, 이로 인해 해당 지역의 주택가격 및 지가가 상승한다면 이는 고속도로 상의 소음으로 인한 사회적 비용 중 적어도 일부를 코즈식 해법을 통해 내부화하는 것이라 볼 수 있으나 현실성은 떨어진다.

또 다른 사례는 혼잡비용과 관련된 것이다. 운전자가 여가목적 또는 다른 사람과 연관되지 않은 목적으로 고속도로상을 운전하고 있을 경우 고속도로 혼잡은 외부비용을 초래하지 않는다.¹¹⁾ 반면 운전자가 고속도로로 운행을 하고 있는 이유가 다른 사람의 경제행위와 연관되어 있고(대중교통 운전자, 운전자가 다른 사람과의 회의를 위해 이동 중일 경우 등등), 혼잡 또는 혼잡으로 인한 지연으로 인해 교통당사자들(운전자와 운전자의 서비스를 이용하는 사람들) 이외에 다른 경제주체들에게 피해가 발생하며, 그 다른 주체들에게 발생한 피해를 교통

11) 혼잡으로 인해 발생하는 교통당사자들의 불편이 없다는 의미가 아니라 그 불편이 외부비용이 아니라는 의미다. 외부비용이란 정의상 경제행위 당사자들에게 발생하는 비용이 아니라 경제행위자들이 아닌 제 3자에게 발생하는 비용을 말하기 때문이다. 따라서 '외부비용을 내부화하는 경제적 수단'을 강구한다는 생각은 엄밀한 의미에서 말하자면 교통당사자들에게 발생하는 비용은 고려하지 않는다는 것을 의미한다.

당사자들이 개인적인 수단 또는 보험 등을 통해 보상할 수 없을 경우 혼잡은 외부비용을 초래한다고 할 수 있다.¹²⁾

마지막으로 고속도로의 외부비용을 판단하고 이를 내부화하는 정책들을 디자인할 수 있다고 해도 이 정책들이 교통당사자들의 교통수단 선택을 변동시켜 다른 교통수단들로부터 외부비용이 발생할 수 있다는 점이다. 이런 종합적인 효과에 대한 고려없이 고속도로 이용에 따른 외부비용을 내부화하기 위한 정책을 제시하는 경우 고속도로 이용에 따른 외부비용을 내부한다는 정책들이 사회 전체적으로 더 큰 외부비용을 초래한다는 비판에 직면할 수도 있다. 예컨대 혼잡시간의 고속도로 통행료를 상승시켜 혼잡으로 인한 외부비용을 줄이는 정책을 사용한다고 가정하고, 이 정책이 혼잡시간의 고속도로 혼잡을 줄여서 실제로 내부화에 성공한다고 해도 국도를 이용하는 교통당사자들을 증가시켜 국도교통에서의 초래되는 외부비용이 증가한다면 이 정책은 고속도로의 외부비용을 내부화 할 수는 있으나 외부비용을 내부화하여 사회적 효율성을 높인다는 암묵적인 하지만 더 큰 정책목표와 상충된다고 보아야 한다.

고속도로 이용 간 발생하는 외부비용을 내부화한다는 개념은 개념상으로는 우수하나, 고속도로 이용 간 발생하는 외부비용이 고속도로 이용 간 발생하는 사회적 총 비용 중 그리 큰 비중을 차지하지 않을 가능성과 피구세적 정책 수단을 이용한 내부화방안의 효과가 이용목적별/교통수단별 가격탄력성 및 교차가격탄력성의 크기에 따라 달라질 수도 있다는 점을 고려하여 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한, 예산과 시간 상의 제약으로 기존 CV 연구 설문자료

12) 극단적인 예로 혼잡으로 인해 광역버스가 지연운행되어 버스에 타고 있던 사람 중 하나가 중요한 회의에 늦어서 거래상대방에게 손실을 초래하였어도 그 거래상대방이 불의의 손실에 대비해 가입해 두었던 보험에서 손실금 전액이 보상이 된다면 이 경우 혼잡은 외부비용을 초래하지 않은 것으로 보아야 한다.

를 이용하였으나 추후 외부비용을 고려한 도로 통행료 산정 연구가 진행되길 기대한다.

References

- Cho, Eun-Kyung (2009), "Effect of Eco-pass Passage System in Milan, Italy", Road Policy Brief, 20, 3.
- Europa Commission (1995), Green Paper on Towards Fair and Efficient Pricing in Trnsport.
- Korea Transport Institute (2017), Modification of Basic Plan for Sustainable National Traffic Logistics Development.
- Hanemann, W. M. (1984), "Welfare Evaluation in Contingent Valuation Experiments with Discrete Responses", American Journal of Agricultural Economics, 66(3), 332-341.
- Hanemann, W. M. (1989), "Welfare Evaluation in Contingent Valuation Experiments with Discrete Response Data: Reply", American Journal of Agricultural Economics, 71(4), 1057-1061.
- Lee, Byung-Wook and Seung-Jae Lee (2006), "Transportation Demand Management in Metropolitan Areas - Congestion Toll in London", Planning and Policy, 293, 44-55.
- Lee, Chung-Ki and Sang-Soo Park, (2017), Environmental Economics, Korea National Open University Press.
- Lee, Chung-Ki and Sang-Soo Park, (2016), "Road Traffic Noise Reduction Benefits of the Noise Barrier Installation: Contingent Valuation Meth-

- od”, *Public Policy*, 18(2), 3-31.
- Lee, Nam-hyung, Sang-Soo Park, In-Chul Bae and Chung-Ki Lee (2016), “Contingent Valuation of Wildlife-Vehicle Collision Prevention Project, *Journal of Environmental Impact Assessment*, 25(1), 1-14.
- Lim, Seul-Ye, Hyo-Jin Kim and Seung-Hoon Yoo (2018), “Household Willingness to Pay for Expanding Fuel Cell Power Generation in Korea: A View from CO₂ Emissions Reduction”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 81, 242-249.
- Maibach, M., C. Schreyer, D. Sutter, H. P. Van Essen, B. H. Boon, R. Smokers, A. Schroten, C. Doll, B. Pawlowska and M. Bak (2008), *Handbook on estimation of external costs in the transport sector, Version 1.1. (2008 Handbook)*. CE Delft, Delft, NL.
- Mo, Chang-Hwan (2009), *Study on Citizens’ Policy Acceptance of Urban Congestion Pricing Scheme*. Korea Transport Institute.
- Park, Hyun-Wook (2014), “Changes and Implications of the London Congestion Charge Policy”, *Road Policy Brief*, 82, 8-9.
- RICARDO-AEA (2014), *Update of the Handbook on External Costs of Transport*, London, UK.
- Statistics Korea (2018), e-Nara Index. Available from www.index.go.kr/potal/main/EachDtlPageDetail.do?id_x_cd=1248 (accessed May 15, 2018).