

■ 論 文 ■

혼잡통행료 부과방안의 효율성과 형평성 분석 (수도권을 대상으로)

The Efficiency and Equity Analysis of Cordon Pricing in the Capital Region

조 은 경

(국토연구원 교통연구실 책임연구원)

김 성 수

(서울대학교 환경대학원 교수)

목 차

- | | |
|--|---|
| <p>I. 서론</p> <p>II. 모형의 정립</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 모형의 개요 및 가정</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 모형의 정립</p> <p>III. 도심 및 부도심 코든의 설정</p> <p>IV. 자료와 모형의 정산 및 타당성 검증</p> <p style="padding-left: 20px;">1. O/D 및 교통망 자료</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 부문모형의 정산</p> | <p>3. 모형의 타당성 검증</p> <p>V. 혼잡통행료 부과방안의 효과 분석 결과</p> <p style="padding-left: 20px;">1. 교통 측면의 효과</p> <p style="padding-left: 20px;">2. 형평성 측면의 효과</p> <p style="padding-left: 20px;">3. 효율성 측면의 효과</p> <p>VI. 결론</p> <p>참고문헌</p> |
|--|---|

Key Words : 혼잡통행료, 코든진입료, 형평성, 효율성, 보상변화
 Congestion charging, Cordon pricing, Equity, Efficiency, Compensating variation

요 약

본 연구는 오전 첨두 2시간 동안 서울의 도심 또는 부도심 코든으로 진입하는 수도권의 모든 승용차에 대해 2,000원의 혼잡통행료를 부과할 경우 교통과 형평성 및 효율성 측면의 효과를 분석하는 데 목적이 있다. 혼잡통행료를 부과하면 코든으로 진입하는 구간은 물론 수도권 전반적으로 승용차의 통행량은 감소하지만 버스와 지하철 및 택시의 통행량은 증가하며, 이러한 현상은 통근자들의 소득수준이 낮을수록 크게 나타났다. 한편 형평성 측면에서 수도권 전체 통근자들의 후생은 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과할 경우 증가하지만 도심과 부도심 코든에서 함께 부과하면 오히려 감소하며, 두 경우 모두 소득 누진적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 그러나 혼잡통행료가 부과되는 코든 진입 구간의 경우 시간가치가 가장 높은 고소득계층의 후생이 가장 크게 증가하여 소득 역진적인 효과가 있는 것으로 추정되었다. 또한 효율성 측면에서는 혼잡통행료를 부과하면 수도권 전체적으로 상당히 큰 사회적 순편익이 발생하며, 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과할 경우 더 크게 증가할 것으로 추정되었다.

The purpose of this study is to examine the transportation, equity and efficiency impacts of cordon pricing schemes in the Seoul Capital Region of Korea. Autos would be required to pay a toll of 2,000 Won each time they enter cordons around the CBD or the subcenters during morning peak periods. The imposition of the toll would produce a substantial decrease in traffic volumes within the cordons as well as throughout the Capital Region. The lower the income level of commuters is, the more the share of auto decreases and that of transit increases. For equity impacts, the welfare of commuters would increase or decrease according to the cordon pricing schemes but would produce progressive impacts irrespective of the schemes. However, the commuters who have the highest value of time would experience welfare gains and it would result in regressive impacts. The schemes would result in a substantial net social welfare gain for the efficiency impacts. When the toll is charged at the CBD cordon only, the net social welfare would increase more.

I. 서론

2002년 현재 서울시의 자동차 등록대수는 총 269만 대로, 이 중 승용차가 76.3%를 차지하고 있다. 반면 서울시의 도로율은 13.4%에 불과하여 서울시 전역의 하루 평균 차량속도는 22.5km/h로 낮은 편이다. 이로 인해 2002년 한 해 동안 서울시에서 발생한 도로교통혼잡 비용은 약 5조 3,100억원으로 추정되며¹⁾, 이 외에도 교통사고와 대기오염 및 소음공해로 인한 피해가 해마다 크게 증가하고 있다. 서울시에서는 이러한 문제들을 해결하기 위하여 최근 승용차 자율요일제와 중앙버스전용차로제, 대중교통요금체계와 버스노선체계 변경 등 여러 방안들을 도입하여 실행하고 있으나, 이러한 노력에도 불구하고 승용차의 분담율이 크게 감소하지 않을 경우 혼잡통행료를 확대 부과하는 방안을 검토 중인 것으로 알려지고 있다.

혼잡통행료 제도는 교통수요관리방안 중의 하나로 이에 대한 연구는 이미 1920년대부터 시작되었으며, 초기의 연구들은 대부분 혼잡통행료의 효율성 측면을 강조한 가격 설정방법이나 이에 따른 후생 변화를 분석하는데 집중되어 있다. 그러나 1980년대 이후 Small(1983)을 계기로 혼잡통행료의 형평성 효과에 대한 관심이 증가하고 있으며, 특히 통행자들의 소득(시간가치)과 관련된 연구들이 활발히 진행되고 있다. 샌프란시스코 만 지역의 CBD 통근자들을 대상으로 혼잡통행료의 효과를 살펴 본 Small(1983)과 Hau(1986, 1987)에 따르면 혼잡통행료 부과 후 모든 소득계층에서 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 그러나 혼잡통행료의 수입금을 재분배하지 않을 경우 편익은 시간가치가 크고 승용차 이용 성향이 높은 고소득계층에서 가장 크게 발생하는 반면, 저소득계층에서 가장 작게 발생하는 것으로 분석되었다. 이러한 연구 결과는 캘리포니아 91번 주(州) 도로를 대상으로 통행자들의 사회적 후생효과를 살펴 본 Liu and McDonald(1998, 1999)와 Small and Yan(2001)에서도 유사하게 나타났다. 즉 도로이용자들의 시간가치가 서로 다른 경우 이들의 후생은 혼잡통행료의 가격설정 방식과 관계없이 전반적으로 모두 증가하지만, 특히 시간가치가 높은 계층의 편익이 크게 증가하여 혼잡통행료 부과방안이 고소득계층에게 보다 유리할 수 있음을 보여주었다.

그러나 우리나라의 경우 대중교통수단의 분담율이 매우 높기 때문에 이러한 연구 결과들을 그대로 적용할 수 있을지는 명확하지 않다. 김황배 외(1996)와 손봉수·황기연(2001) 등이 혼잡통행료의 효과를 분석한 바 있으나, 이는 주로 남산 1·3호 터널 구간을 대상으로 통행량과 통행속도의 변화를 살펴보는 데 국한되어 있다. 비록 최근 오재학 외(2001)가 형평성 효과를 포함하여 혼잡통행료 방안에 대해 폭넓게 분석하였으나, 이 또한 서울의 일부(서대문구와 은평구에 거주하면서 도심으로 출근하는) 통근자들만을 대상으로 하고 있다.

이에 반해 본 연구는 서울시에서 남산 1·3호 터널을 통과하는 승용차에 대하여 부과하고 있는 혼잡통행료를 도심(CBD) 또는 부도심(subcenter) 코든(cordon)으로 진입하는 모든 도로 구간에 부과하는 방안의 효율성 및 형평성 효과를 분석하는 데 목적이 있다. 따라서 본 연구는 수도권을 대상으로 경제적 타당성의 기준이 되는 효율성은 물론 사회적 수용성의 여부를 판단하는 데 큰 영향을 미치는 형평성을 함께 분석한다는 점에서 기존의 연구들과 차이가 있다고 할 수 있다.

본 연구에서 상정하고 있는 혼잡통행료 부과방안은 코든의 설정에 따라 도심 코든에서 혼잡통행료를 부과하는 방안과 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과하는 방안으로 구분된다. 혼잡통행료의 부과에 따른 효과는 크게 교통 측면과 형평성 및 효율성 측면으로 나누어 분석된다.

II. 모형의 정립

1. 모형의 개요 및 가정

혼잡통행료 부과에 따른 교통 측면의 효과는 수요모형인 개별 다항로짓수단선택모형과 공급모형인 도로구간의 교통량-지체함수 및 emme/2 프로그램을 이용하여 추정되며, 통근자들의 소득계층별 방향 및 수단별 통행량 변화와 각 코든을 통과하는 교통량의 변화를 통해 분석된다. 형평성 효과는 크게 두 가지로 구분되는데, 우선 전반적인 형평성 효과는 개별 다항로짓수단선택모형으로부터 도출되는 통근자들의 보상변화를 소득계층별로 비교하여 분석된다. 반면 지역적 형평성 효과는 지하철 1·3호선

1) 설재훈·박인기(2003) 참조.

및 이와 연계되는 수도권 전철 노선의 인접 지역에 거주 하면서 도심이나 부도심으로 통근 또는 통과하는 통근자들에 한해 이들의 보상변화를 거리구간별로 비교하여 분석된다. 마지막으로 효율성 효과는 사회적 후생함수를 이용하여 통근자들의 보상변화뿐만 아니라 대중교통 운영 기관들의 사적 운행정비용과 세수 및 혼잡통행료의 수입, 그리고 외부비용 등을 모두 고려하여 분석된다.

본 연구는 혼잡통행료가 부과되더라도 통근자들의 주거지와 출근지 및 총 통행량 수는 변하지 않으며, 경로 또는 통행수단은 변경할 수 있어도 출발시각은 변경할 수 없는 경우를 상정한다. 또한 통행수요는 각 시간대에 균일하게 분포하며, 승용차와 택시의 재차인원 및 버스와 지하철의 배차간격은 변하지 않는다고 가정한다. 혼잡통행료는 현재 남산 1·3호 터널의 징수요금과 동일한 2,000원이며, 혼잡통행료 징수에 소요되는 행정비용은 별도로 고려되지 않는다.

본 연구의 시간적 범위는 2002년이며, 수도권 전역의 출근목적 통근통행자들을 분석 대상으로 한다. 통행수단은 승용차와 버스, 지하철 및 택시의 네 가지가 고려되며, 혼잡통행료는 오전 점두 2시간(07:00- 08:59, 도착시각 기준) 동안 서울시의 도심 또는 부도심 코든으로 진입하는 자가용 승용차에 부과된다.

2. 모형의 정립

1) 수요모형

수도권 통근자들의 수단선택 행태는 이산선택모형인 개별 다항로짓수단선택모형을 이용하여 추정된다²⁾. 이때 교통수단 m 을 이용하는 통근자 n 의 관측가능한 결정적 효용요소 V_{mn} 는 식 (1)에서 보는 것처럼 통행비용(travel cost)과 통행시간(travel time)으로 대표되는 일반변수(generic variable)로 구성된다. 그러나 실제 통행비용은 통근자들의 소득수준에 따라 다르게 인식되기 때문에 본 연구에서는 통행비용을 통근자의 개별 가구소득으로 나누어 사용하며, 화폐 1원의 가치는 통근자의 소득과 관계없이 모두 동일한 것으로 가정한다. 아울러 통행시간은 차내시간과 차외시간으로 구분하지 않고 총 통행시간(total travel time)을 이용한다.

$$V_{mn} = \alpha_m + \beta_1 TTIME_{mn} + \beta_2 \frac{COST_{mn}}{INC_n} \quad (1)$$

- V_{mn} : 수단 m 을 이용하는 통근자 n 의 간접 효용
- α_m : 수단 m 의 수단고유상수
- β_1, β_2 : 각 설명변수에 대한 계수
- $TTIME_{mn}$: 수단 m 을 이용하는 통근자 n 의 총 통행시간
- $COST_{mn}$: 수단 m 을 이용하는 통근자 n 의 총 통행비용
- INC_n : 통근자 n 의 개별 가구소득

2) 공급모형

본 연구에서는 emme/2 version 9.0 프로그램을 활용하여 수도권 교통망을 구축하고, Wordrop의 이용자 최적(user optimization) 조건을 가정한 균형배정모형(equilibrium assignment model)을 통하여 균형점을 찾는다. 승용차 통행량은 Frank-Wolfe 알고리즘이 적용되는 선형근사방법(linear approximation method)을 이용하여 교통량-지체함수(volume-delay functions)를 최소화시킴으로써 균형 해를 구한다. 교통량-지체함수는 식 (2)의 일반적으로 널리 사용되는 BPR(Bureau of Public Roads) 함수를 이용한다.

$$t_a = t_a^0 \left[1 + \sigma \left(\frac{x_a}{C_a} \right)^\tau \right] \quad (2)$$

- t_a : 주어지는 교통량에 따라 변화되는 링크 a 의 통행시간
- t_a^0 : 교통량이 0일 때 링크 a 의 통행시간
- x_a : 링크 a 의 교통량
- C_a : 링크 a 의 용량
- σ, τ : 파라미터

3) 형평성 및 효율성 효과 분석모형

(1) 형평성 효과 분석모형

혼잡통행료 부과에 따른 형평성 효과는 Small and Rosen(1981)의 연구를 활용하여 저·중·고소득계층의 보상변화(compensating variation)를 구하여 분석된다. 보상변화란 가격변화로 인한 소득효과를 제거하고 대체효과만으로 수요관계를 설정한 다음, 실질소득이 예

2) 모형의 추정과정은 Ben-Akiva and Lerman(1985) 참조.

전의 수준과 같도록 하기 위해 필요한 소득의 증감분을 의미한다. 따라서 보상변화액 Δe_n^{od} 는 통근자의 효용을 혼잡통행료를 부과하기 전의 수준으로 되돌려 놓기 위해 필요한 금액이므로, 이는 혼잡통행료 부과에 따른 통근자의 후생 변화의 크기가 된다.

$$\Delta e_n^{od} = -\frac{1}{\lambda_n^{od}} \left[\ln \sum_{m=1}^4 \exp(V_{mn}^{od}) \right]_{V^{od}}^{V^{od_a}} \quad (3)$$

$$\lambda_n^{od} = -\frac{\beta_1}{INC_k^{od}} \quad (4)$$

- λ_n^{od} : od를 기·종점으로 하는 통근자 n의 소득의 한계효용
- β_1 : 총 통행시간 변수에 대한 계수
- V_{mn}^{od} : 통근자 n이 교통수단 m으로 od간을 통행할 때 얻는 간접 효용
- m : 1=승용차, 2=버스, 3=지하철, 4=택시
- b, a : 부과방안의 실행 전(before)과 후(after)
- INC_k^{od} : od를 기·종점으로 하며, 소득계층 k에 속하는 통근자들의 평균 소득

또한 개별 통근자 n의 보상변화액을 통근자 전체에 대해 모두 더하여 구한 총 보상변화액 ΔE 는 혼잡통행료를 부과한 후에도 부과 전과 동일한 효용수준을 유지하기 위해 통근자들에게 보상해야 할 전체 금액의 크기를 의미한다.

$$\Delta E = -\sum_o \sum_d \sum_n \frac{1}{\lambda_n^{od}} \left[\ln \sum_{m=1}^4 \exp(V_{mn}^{od}) \right]_{V^{od}}^{V^{od_a}} \quad (5)$$

(2) 효율성 효과 분석모형

앞서 살펴 본 통근자들의 보상변화액은 혼잡통행료 부과로 인해 발생하는 사회 전체의 실질적인 비용과 편익의 변화액을 모두 포함하고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 외부비용을 포함한 사회 전체의 실질 자원비용(real resource cost)의 변화를 반영한 사회적 후생 함수(social welfare function)를 통하여 혼잡통행료의 효율성 효과를 분석한다. 사회적 후생 변화액(ΔTSW)은 식 (6)과 같이 통근자 전체의 총 보상변화액(ΔE)과 함께 각 주체의 사적비용 변화액(ΔASC), 중앙정부와 지방자치단체의 세수와 혼잡통행료 수입 변화액(ΔAPT)

및 외부비용 변화액(ΔTEC)을 반영하여 추정된다.

$$\Delta TSW = -\Delta E - \Delta ASC + \Delta APT - \Delta TEC \quad (6)$$

우선 사적비용 변화액의 경우 혼잡통행료 부과로 인해 타 수단으로 전환한 승용차 이용자가 이미 소유한 승용차를 매도할 가능성이 낮고, 버스와 지하철의 배차간격 등은 변하지 않는다고 가정하였으므로, 본 연구에서는 기업에서 보조하는 승용차의 주차비용 변화액과 영업거리 변동으로 인한 택시업체의 운행비용 변화액만을 추정하기로 한다.

한편 사회 전체로 보면, 자동차 관련 세수와 혼잡통행료 수입 및 대중교통운수업체의 운임수입은 모두 새로운 사회적 후생을 창출하는 것이 아니라 각 수단을 이용하는 통근자들로부터 중앙정부나 지방자치단체 혹은 대중교통운수업체로 이전(transfer)되는 것에 불과하다. 따라서 사회적 후생함수에서는 이러한 세수 및 수입 변화액이 중복 계산되지 않도록 통근자 전체의 총 보상변화액 또는 사적비용 변화액에서 차감하여 보정할 필요가 있다.

마지막으로, 혼잡통행료가 부과되면 통근자들의 통행수단이나 경로 선택에 영향을 미쳐 차량의 운행거리 및 속도가 달라지므로 사고비용과 대기오염비용, 소음비용 및 도로유지비용 등이 변하게 된다. 그러나 우리나라에서는 아직까지 차종별 도로유지비용과 소음비용을 구체적으로 추정한 연구가 없으므로, 본 연구에서는 사고비용과 대기오염비용만을 외부비용으로 고려한다.

III. 도심 및 부도심 코든의 설정

혼잡통행료 부과방안의 효과를 분석하기 위해서는 먼저 코든을 설정할 필요가 있으며, 이 때 서울시 각 구의 사업체 수와 종사자 수, 상주인구 대비 통근인구 지수, 출근목적 도착 통행량, 가로망 평균 통행속도 및 지형적 연계성 등의 자료를 이용한다.

우선 각 구의 사업체 수 및 종사자 수의 분포는 <그림 1>과 같으며, 사업체가 35,000개 이상 밀집되어 있는 곳은 중구, 강남구, 송파구, 종로구, 영등포구 순으로 나타났다. 종사자 수는 강남구가 가장 많으며, 중구와 서초구, 영등포구, 종로구, 송파구에 20만 명 이상이 근무하고 있어 사업체가 밀집된 곳에 종사자도 많이 분포하고 있음을 알 수 있다.

2002년 4월 17일(수)을 기준으로 실시한 오전 첨두 2시간 동안의 소존별 수단 O/D 자료를 이용하였으며, 각 시간대의 통행수요는 균일하게 분포한다는 가정 하에 1시간 기준의 수단통행량을 구하였다.

수도권의 교통망은 서울시정개발연구원에서 구축한 1999년 수도권 광역 도로망을 사용하였으며, 2002년 현재 상황에 맞게 일부 수정·추가하였다. 도로망은 서울시 522개, 인천시 118개, 경기도 481개, 수도권 이외 지역 11개의 총 1,132개 센트로이드와 6,291개의 노드 및 22,559개의 링크로 구성되어 있다. 대중교통 노선망은 서울시에서 관리·운영하고 있는 대중교통사이트5)의 자료를 이용하여 606개의 버스노선과 10개의 지하철·전철·노선 및 6개의 국철 노선을 새롭게 구축하였다.

2. 부문모형의 정산

1) 개별 다항로짓수단선택모형의 정산

개별 다항로짓수단선택모형은 「2002 서울시 가구통행실태조사」의 개별 응답자료 중 오전 첨두시간대의 출근목적 통행자료 600개를 추출하여 구축한 표본을 이용하여 추정하였다.

먼저 수단별 통행시간의 경우 통근자들이 응답한 시간은 모두 차내시간으로 간주되며, 버스와 지하철 및 택시에 각각 15분, 12.5분, 5분의 차외시간과 환승에 따른 차내시간 10분 및 차외시간 5분을 추가하였다6). 이는 통근자들의 출발지와 도착지를 고려해 볼 때 정거장(역)까지의 접근 및 대기시간과 환승시간이 응답시간에 모두 포함되어 있다고 보기 어려웠기 때문이다.

수단별 통행비용의 경우 승용차 통행비용에는 유류비와 주차비만 고려되었다. 2002년 4월 현재 주유소 휘발유 가격은 1,265원7)이며, 주차비는 동년 서울시 시설관리공단에서 운영하고 있는 노외주차장의 주간 월 정기권의 급지별 평균 주차요금인 통행당 2,480원을 적용하였다. 2002년 4월 현재 버스와 지하철은 서울시 내에서 균일요금제로 운영되었으며, 도시형 버스와 지하철 기본구간의 요금은 모두 600원이었다. 한편 택시의 기본요

〈표 2〉 표본의 소득계층별·수단별 통행 특성
(단위: 만원/월, 개, %, 시간/통행, 원/통행)

소득계층		저소득	중소득	고소득	전체 (평균)
소득범위		180미만	180-269	270이상	
표본수		266	185	149	600
비율		44.3	30.8	24.8	100.0
분담율	승용차	48.5	53.5	56.4	(52.0)
	버스	32.0	24.9	22.1	(27.3)
	지하철	19.2	20.5	20.1	(19.8)
	택시	0.4	1.1	1.3	(0.8)
평균 통행 시간	승용차	0.62	0.69	0.65	(0.65)
	버스	0.99	1.07	1.05	(1.03)
	지하철	0.69	0.74	0.73	(0.71)
	택시	0.70	0.77	0.73	(0.73)
평균 통행 비용	승용차	1,767	1,911	2,022	(1,875)
	버스	752	748	767	(755)
	지하철	774	787	792	(782)
	택시	5,516	6,111	5,778	(5,764)
평균 소득		127	219	375	(217)

〈표 3〉 개별 다항로짓수단선택모형의 추정결과

변수	계수추정치	표준오차	t-통계량
총 통행시간	-2.247	0.433	-5.194
총 통행비용/소득	-1.815	0.431	-4.211
승용차터미	0.359	0.201	1.791
버스터미	1.242	0.219	5.667
택스터미	-2.716	0.493	-5.511
LL(θ)	-602.875		
LL(0)	-831.777		
ρ^2	0.275		
$\overline{\rho^2}$	0.273		
표본수	600		

금은 1,600원으로, 2km를 초과할 때마다 168m당 100원의 주행요금이 추가된다. 이 때 각 통근자들의 소득자료8)를 이용하였으며, 이후 분석의 편의를 위하여 월 가구소득이 180만원 미만인 통근자들은 저소득계층, 180만원에서 269만원은 중소득계층, 270만원 이상은 고소득계층으로 분류된다. 개별 다항로짓수단선택모형의 추정에 이용된 표본의 특성은 〈표 2〉와 같다.

Limdep version 7.0을 활용하여 최우추정법으로 모형 추정한 결과, 〈표 3〉에서 보는 것처럼 수정 우도비 ($\overline{\rho^2}$)는 0.273으로 비교적 높게 나타났다. 각 계수추정

5) 서울시 대중교통 홈페이지, <http://www.algoga.go.kr>.
 6) 추가된 차내 및 차외시간은 황기연(1997)과 설재훈 외(1999), 송재용·송현주(2000) 참조.
 7) 승용차 연비는 현대자동차의 아반떼 차량을 기준으로 휘발유 1리터당 12.5km(0.08L/km)를 주행한다고 가정하였다. 대한석유협회 홈페이지, <http://www.petroleum.or.kr> 및 현대자동차 연계 홈페이지, <http://www.ds.114.net>.
 8) 통근자들의 소득은 근로시간 1시간당 소득을 기준으로 하며, 2002년 4월 노동부에서 발표한 전산업 기준 월 근로시간 201.8시간을 적용하였다. 노동부 홈페이지, <http://www.molab.go.kr>.

〈표 4〉 각 변수에 대한 소득계층별·수단별 자기탄력성 (단위: %)

구분	수단	저소득	중소득	고소득	전체
통행 시간	승용차	-0.68	-0.73	-0.63	-0.68
	버스	-2.19	-2.39	-2.44	-2.32
	지하철	-1.84	-1.93	-2.00	-1.91
	택시	-1.84	-1.99	-1.89	-1.90
통행 비용	승용차	-0.25	-0.15	-0.09	-0.15
	버스	-0.15	-0.09	-0.06	-0.09
	지하철	-0.18	-0.11	-0.06	-0.11
	택시	-1.57	-1.01	-0.56	-0.96
소득	승용차	0.13	0.08	0.05	0.08
	버스	-0.16	-0.11	-0.07	-0.11
	지하철	-0.15	-0.10	-0.07	-0.10
	택시	1.21	0.78	0.41	0.73

주: 각 변수의 수단별 자기탄력성은 표본의 소득계층별 가중평균 값을 이용하여 구하였다.

치의 부호는 기대한 바와 같이 모두 음의 부호를 가지며, t-통계량 또한 모두 유의하였다. 그리고 계수추정치들 통해 통근자들은 소득 대비 통행비용(β_2)보다 통행시간(β_1) 변수에 민감한 것을 알 수 있다.

통행시간가치는 통행시간과 통근자의 소득으로 일반화된 통행비용의 한계대체율(marginal rate of substitution)인 β_1/β_2 를 통해 구할 수 있으며, 약 1.24로 추정된다. 따라서 통근자들은 1시간의 통행에 대해 평균 13,306원의 시간가치를 가지며, 저소득계층 7,793원, 중소득계층 13,435원, 고소득계층 22,985원의 시간가치를 갖는 것으로 추정되었다.

한편 〈표 4〉에서 확인할 수 있는 것처럼 수단별 자기탄력성(own elasticity)의 경우 승용차를 제외한 나머지 수단들은 통행시간에 대해 탄력적이며, 택시, 승용차, 지하철, 버스의 순으로 통행비용에 대해 탄력적인 것으로 나타났다. 특히 통근자들의 소득수준이 높을수록 버스와 지하철의 통행시간에 민감하며, 통행비용보다 통행시간에 민감한 것으로 추정되었다.

2) 교통량-지체함수

교통량-지체함수는 서울시정개발연구원에서 1999년의 수도권 교통망을 구축할 때 정립한 BPR 함수식을 그대로 적용하며, 이는 도로특성과 통행수단의 유형에 따라 21개의 식으로 분류되어 있다. 이 때 혼잡통행료는 도심 또는 부도심 코튼으로 진입하는 구간들의 링크 교통량-지체함수식에 지체시간으로 전환되어 추가되었으며, 통근자들의 소득계층별 평균 시간가치를 고려하여 반영되었다. 승용차와 택시의 재차인원은 「2002 서울시

가구통행실태조사」에 근거하여 각각 1.26명과 1.63명으로 가정하였다.

3) 효과 분석모형

형평성 효과는 개별 다항로짓수단선택모형으로부터 도출되는 통근자들의 보상변화액을 이용하여 분석하였다. 이 때 지역적 형평성 효과는 지하철 1·3호선 및 이와 연계되는 수도권 전철 노선에 인접한 198개 동에 거주하면서 도심이나 부도심으로 출근 또는 통과하는 통근자들의 보상변화액을 종로3가역을 중심으로 5km 구간으로 구분하여 비교·분석하였다.

효율성 효과 분석에 이용된 자료들은 2002년을 기준으로 하였으며, 일부 과거 연도 자료에 대해서는 물가상승률 등을 반영하여 2002년 값으로 조정하였다. 우선 사적비용 추정에 이용된 자료들 중 코튼 내에 입지한 기업이 승용차로 출근하는 직원에게 지원하는 주차비용은 2,520원으로 가정하였다. 또한 택시업체의 영업 대-km당 운송원가는 1,039.5원이고, 운임수입은 733.3원으로 추정되었다. 한편 도심 또는 부도심 코튼으로 진입하는 승용차 통근자들이 지불하는 혼잡통행료 2,000원과 휘발유 가격에 포함된 국세 783원과 지방세 70원 및 택시차량 연료인 LPG 가격에 포함된 국세 121원은 모두 중앙 및 지방정부로 이전된 것으로 보았다. 외부비용에서 교통사고로 인한 1인당 사망비용과 부상비용은 유정복·최병호(2004)에서 제시된 고통(Pain, Grief, Suffering: PGS) 비용이 포함된 값을 적용하였다. 대기오염비용은 홍갑선(1999)의 연구 결과를 이용하며, 인체의 호흡기 질환과 관계있는 SO, NO, TSP의 대기오염물질만 고려하였다.

3. 모형의 타당성 검증

〈표 5〉에서 보는 것처럼 수도권 오전 침두시 소준별 O/D 자료의 수단분담율 관측치는 본 모형을 이용하여 추정된 결과와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

〈표 5〉 관측치와 추정치의 수단분담율 비교 (단위: %)

구분	승용차	버스	지하철	택시	계
관측치	37.7	38.5	17.7	6.1	100.0
추정치	36.9	37.7	19.4	6.0	100.0

모형의 타당성 검증을 위해 도심과 부도심의 주요 지

〈표 6〉 관측 및 추정 교통량 비교 (단위: 대/시간, %)

조사지점	관측치	추정치	오차율
시청역	3,225	2,369	-26.6
서소문	2,711	2,203	-18.7
을지로 3가	1,071	1,105	3.2
마포대교	3,706	3,346	-9.7
원효대교	2,080	2,500	20.2
매봉터널	2,527	3,408	34.9
강남역	2,118	1,835	-13.3

〈표 7〉 관측 및 추정 통행속도 비교 (단위: km/h, %)

가 로 명	관측치	추정치	오차율
세종로	19.8	18.0	-9.1
중로	24.9	23.8	-4.4
을지로	22.0	22.4	1.8
마포대교	30.5	22.9	-24.8
원효대교	36.8	31.6	-14.0
언주로	26.6	23.3	-12.4
봉은사로	20.0	26.3	32.0

점을 선택한 후, 〈표 6〉과 〈표 7〉에서 보는 것처럼 관측 교통량과 통행속도를 emme/2 프로그램으로 정산한 결과와 비교하였다. 이 때 관측 교통량은 서울지방경찰청에서 2002년 한 해 동안 각 지점들을 1주일 단위로 조사한 값 중 연구 목적 시간대인 오전 7시에서 9시까지의 2시간 교통량을 산술평균한 값이다. 한편 관측 통행속도는 서울시에서 2003년 4월 한 달간 조사한 오전 침두시의 평균 통행속도이다.

V. 혼잡통행료 부과방안의 효과 분석 결과

1. 교통 측면의 효과

두 가지 혼잡통행료 부과방안의 교통 측면의 효과는 〈표 8〉과 같이 통근자들의 통행 방향에 따라 크게 다음의 네 가지로 구분하여 살펴볼 수 있다.

우선 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과하는 경우 첫째, 도심 내부 통행에서는 모든 소득계층에서 승용차 통행량이 감소하는 반면 버스 및 택시의 통행량은 증가하며, 소득수준이 높을수록 변화율이 크게 나타났다. 이와는 달리 지하철 통행량은 고소득계층을 제외한 저·중소득계층에서 감소하였다.

둘째, 도심 코든 진입 구간의 경우 승용차 통행량은 저소득계층 41.4%와 중소득계층 27.8%, 고소득계층 18.5% 순으로 감소하였다. 반면 버스와 지하철의 통행

량은 각각 저소득계층 12.6%와 4.0%, 중소득계층 11.1%와 3.1%, 고소득계층 9.8%와 1.6% 만큼 증가하였다. 따라서 고소득계층이 저·중소득계층보다 혼잡통행료의 영향을 작게 받는 것으로 나타났다.

셋째, 도심에서 외부 지역으로 진출하는 경우 승용차 통행량은 소득수준이 낮을수록, 버스 및 택시의 통행량은 소득수준이 높을수록 변화율이 크게 증가하였다. 그러나 지하철 통행량은 중소득계층의 변화율이 가장 커서 혼잡통행료의 영향은 통근자들의 소득이나 이용수단에 따라 다르게 나타났다.

넷째, 도심 코든을 제외한 외부 지역간 통행은 혼잡통행료의 영향을 거의 받지 않아 각 수단의 통행량 변화율은 0.1~0.4%에 불과하며, 소득계층간 차이도 크지 않았다.

따라서 수도권 전체적으로는 모든 소득계층에서 승용차의 통행량이 1.1~1.2% 정도 감소하는 반면, 기타 수단의 통행량은 0.5~0.8% 정도 증가하였다. 또한 도심 코든 진입구간과 비교할 때 소득계층간 변화율의 차이는 크지 않지만 소득수준이 높을수록 혼잡통행료의 영향을 작게 받는다는 점은 유사하게 나타났다.

다음으로 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과하는 경우 첫째, 코든 내부 통행에서는 소득수준이 낮을수록 승용차 통행량이 많이 감소하는 반면 버스 및 지하철의 통행량은 많이 증가하였다. 그러나 여의도동에 해당되는 부도심 코든 2의 내부 통행은 변화가 없는 것으로 나타났다.

둘째, 혼잡통행료가 부과되는 코든 진입 구간의 경우 승용차 통행량은 저·중·고소득계층에서 각각 43.1%, 30.0%, 21.2% 정도 감소하여 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과할 때보다 모든 소득계층에서 더 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 또한 세 코든 중에서 부도심 코든 2로 진입하는 승용차 통행량이 가장 많이 감소하였다.

셋째, 코든 외부 지역으로 진출하는 경우 승용차 통행량은 저소득계층에서 가장 많이 감소하며, 특히 도심의 경우 두드러지게 나타났다. 반면 버스 및 지하철의 통행량은 각각 고소득계층과 중소득계층에서 가장 많이 증가하였으나 그 영향은 코든별로 다르게 나타났다.

넷째, 도심과 부도심 코든을 제외한 외부 지역간 통행의 경우 택시를 제외한 모든 수단에서 고소득계층의 통행량이 가장 많이 변하였다.

따라서 수도권 전체의 통행 패턴은 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과할 때와 비슷하게 나타났다. 다만 각

<표 8> 혼잡통행료 부과에 따른 소득계층별 통행량 변화

(단위: 통행/시간, %)

방향	소득 계층	구분	도심진입료				도심 및 부도심진입료			
			승용차	버스	지하철	택시	승용차	버스	지하철	택시
코든 내부 → 코든 내부	저소득	부과 전	260	578	930	794	3,411	4,025	2,095	2,177
		부과 후	220	616	917	810	3,248	4,134	2,129	2,198
		변화율	-15.4	6.5	-1.5	2.1	-4.8	2.7	1.6	1.0
	중소득	부과 전	351	660	1,056	959	4,873	4,825	2,460	2,732
		부과 후	296	708	1,048	974	4,659	4,957	2,508	2,765
		변화율	-15.8	7.2	-0.7	1.6	-4.4	2.7	2.0	1.2
	고소득	부과 전	424	720	1,118	1,082	5,593	4,985	2,563	2,995
		부과 후	354	778	1,123	1,089	5,343	5,138	2,628	3,026
		변화율	-16.5	8.0	0.4	0.7	-4.5	3.1	2.6	1.1
코든 외부 → 코든 내부	저소득	부과 전	8,269	15,806	30,847	1,940	24,882	31,165	60,385	5,172
		부과 후	4,849	17,796	32,072	2,144	14,168	37,132	64,790	5,514
		변화율	-41.4	12.6	4.0	10.5	-43.1	19.1	7.3	6.6
	중소득	부과 전	10,552	15,438	30,947	2,713	33,834	31,918	63,070	7,790
		부과 후	7,616	17,159	31,894	2,980	23,687	37,533	67,003	8,389
		변화율	-27.8	11.1	3.1	9.9	-30.0	17.6	6.2	7.7
	고소득	부과 전	11,591	14,490	28,447	3,311	36,768	29,678	57,906	9,475
		부과 후	9,445	15,914	28,892	3,588	28,977	34,244	60,433	10,173
		변화율	-18.5	9.8	1.6	8.4	-21.2	15.4	4.4	7.4
코든 내부 → 코든 외부	저소득	부과 전	1,015	4,197	3,376	862	5,615	12,144	8,607	1,866
		부과 후	775	4,280	3,485	910	5,070	12,220	9,016	1,926
		변화율	-23.6	2.0	3.2	5.6	-9.7	0.6	4.8	3.2
	중소득	부과 전	1,069	3,245	2,160	961	6,644	10,585	6,690	2,357
		부과 후	824	3,332	2,271	1,009	6,046	10,735	7,071	2,425
		변화율	-23.0	2.7	5.1	5.0	-9.0	1.4	5.7	2.9
	고소득	부과 전	1,411	3,859	2,268	1,421	6,578	9,680	5,663	2,889
		부과 후	1,135	3,985	2,311	1,528	5,973	9,870	5,948	3,020
		변화율	-19.6	3.3	1.9	7.5	-9.2	2.0	5.0	4.5
코든 외부 → 코든 외부	저소득	부과 전	415,803	565,432	257,139	74,936	431,632	562,017	167,905	61,227
		부과 후	414,256	566,717	257,290	75,047	429,293	562,432	169,608	61,447
		변화율	-0.4	0.2	0.1	0.1	-0.5	0.1	1.0	0.4
	중소득	부과 전	426,838	461,276	206,234	76,316	428,339	446,896	129,929	60,209
		부과 후	425,260	462,445	206,562	76,397	425,754	447,789	131,493	60,336
		변화율	-0.4	0.3	0.2	0.1	-0.6	0.2	1.2	0.2
	고소득	부과 전	337,553	314,072	136,071	62,506	324,979	294,132	81,588	47,208
		부과 후	336,256	314,965	136,441	62,540	322,734	295,191	82,752	47,229
		변화율	-0.4	0.3	0.3	0.1	-0.7	0.4	1.4	0.0
수도권 전체	저소득	부과 전	425,347	586,013	292,292	78,532	465,541	609,350	238,993	70,443
		부과 후	420,100	589,409	293,763	78,912	451,780	615,917	245,544	71,086
		변화율	-1.2	0.6	0.5	0.5	-3.0	1.1	2.7	0.9
	중소득	부과 전	438,810	480,619	240,396	80,949	473,689	494,224	202,147	73,088
		부과 후	433,996	483,644	241,775	81,360	460,146	501,014	208,075	73,914
		변화율	-1.1	0.6	0.6	0.5	-2.9	1.4	2.9	1.1
	고소득	부과 전	350,980	333,140	167,904	68,320	373,919	338,475	147,720	62,567
		부과 후	347,191	335,641	168,767	68,745	363,028	344,443	151,762	63,448
		변화율	-1.1	0.8	0.5	0.6	-2.9	1.8	2.7	1.4

수단의 통행량 변화율은 전자보다 조금 커서 승용차는 2.9~3.0% 감소하는 반면, 기타 수단은 0.9~2.9% 정도 증가하였다.

한편 혼잡통행료의 직접적인 영향을 받는 코든 내부

및 방사형 도로들의 교통량은 감소하지만 코든 경계 및 순환도로들의 교통량은 모두 증가하였다. 이는 코든 내부 지역을 통과했던 승용차와 택시들이 혼잡통행료의 부담을 피하기 위하여 코든을 우회하는 가로를 이용하기

〈표 9〉 혼잡통행료 부과에 따른 승용차와 택시의 코든별 통과 및 진입 교통량과 통행량 변화 (단위: 대/시간, 통행/시간, %)

방안	코든		구분	교통량			통행량		
				부과 전	부과 후	변화율	부과 전	부과 후	변화율
도심 진입료	도심 코든		목적지	30,191 (58.9)	22,734 (62.7)	-24.7	39,969 (58.3)	30,623 (61.9)	-23.4
			통과	21,066 (41.1)	13,523 (37.3)	-35.8	28,645 (41.7)	18,878 (38.1)	-34.1
			코든 진입	51,257 (100.0)	36,257 (100.0)	-29.3	68,614 (100.0)	49,500 (100.0)	-27.9
도심 및 부도심 진입료	도심 코든		목적지	30,191 (58.9)	22,138 (61.1)	-26.7	39,969 (58.3)	29,823 (60.3)	-25.4
			통과	21,066 (41.1)	14,088 (38.9)	-33.1	28,645 (41.7)	19,642 (39.7)	-31.4
			코든 진입	51,257 (100.0)	36,226 (100.0)	-29.3	68,614 (100.0)	49,465 (100.0)	-27.9
	부도심 코든	부도심 코든 1	목적지	14,412 (53.8)	10,640 (66.4)	-26.2	18,892 (53.3)	14,164 (65.6)	-25.0
			통과	12,391 (46.2)	5,381 (33.6)	-56.6	16,576 (46.7)	7,419 (34.4)	-55.2
			코든 진입	26,803 (100.0)	16,021 (100.0)	-40.2	35,468 (100.0)	21,583 (100.0)	-39.1
	부도심 코든	부도심 코든 2	목적지	48,369 (58.2)	35,034 (62.1)	-27.6	62,939 (57.7)	46,921 (61.4)	-25.4
			통과	34,788 (41.8)	21,337 (37.9)	-38.7	46,134 (42.3)	29,547 (38.6)	-36.0
			코든 진입	83,157 (100.0)	56,371 (100.0)	-32.2	109,073 (100.0)	76,468 (100.0)	-29.9

때문으로 판단된다. 따라서 혼잡통행료 부과 후 코든 내부 도로와 방사형 도로의 통행속도는 승용차 및 택시의 교통량 감소로 인하여 증가하는 반면, 코든 경계 도로나 순환도로의 통행속도는 오히려 감소하는 것으로 나타났다. 특히 도심 코든 경계 도로의 경우 우회 교통량의 증가로 인하여 통행속도가 크게 감소하였다. 이러한 현상은 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과할 때보다 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과할 때 더 두드러지게 나타났다.

각 코든 진입 구간에서 승용차와 택시의 교통량 및 통행량 변화는 〈표 9〉와 같다. 우선 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과하는 경우 코든으로 진입하는 교통량 및 통행량은 각각 29.3%와 27.9% 만큼 감소하며, 코든을 통과하는 교통량 및 통행량은 각각 35.8%와 34.1% 만큼 감소하였다. 반면 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과하는 경우 각 코든을 통과하는 교통량은 도심 코든 33.1%, 부도심 코든 1 56.6%, 부도심 코든 2 38.7% 만큼 감소하여 부도심 코든 1을 통과하는 승

용차와 택시의 교통량 감소율이 가장 크게 나타났다. 그러나 교통량과 통행량 자체는 부도심 코든 2를 통과하는 경우 가장 크게 감소하였다.

2. 형평성 측면의 효과

혼잡통행료 부과에 따른 전반적인 형평성 효과는 〈표 10〉에서 보는 바와 같이 수도권 전체 통근자들을 목적지에 따라 코든 내부와 코든 외부 지역으로 구분한 후 소득계층별로 분석하였다.

도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과하는 경우 도심 코든 내부 지역이 목적지인 통근자들의 1인당 보상변화액은 저소득계층과 중소득계층이 각각 36원과 10원으로 후생이 감소하는 반면, 고소득계층은 -124원으로 후생이 증가하기 때문에 소득 역전적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 이는 시간가치가 낮은 저·중소득계층의 경우 기존에 승용차를 이용했던 통근자들 중 상당수가 버스, 지하철 또는 택시로 이용수단을 변경하면서 불편이 크게

〈표 10〉 혼잡통행료 부과에 따른 코든 관련 목적지 및 소득계층별 1인당 보상변화액과 비율¹⁾

(단위: 천원/통행, 원/통행, %)

방안	코든	목적지	저소득		중소득		고소득		평균		
			보상변화액	비율	보상변화액	비율	보상변화액	비율	보상변화액	비율	
도심 진입료	도심 코든	내부	36	0.58	10	0.09	-124	-0.67	-26	-0.24	
		외부	-12	-0.19	-9	-0.09	-11	-0.06	-11	-0.10	
		수도권	-10	-0.15	-8	-0.08	-19	-0.10	-12	-0.11	
도심 및 부도심 진입료	도심 코든	내부	68	1.08	74	0.68	-1	0.00	47	0.44	
		외부	110	1.75	209	1.93	412	2.22	222	2.06	
	부도심 코든	부도심 코든 1	내부	179	2.84	135	1.24	-128	-0.69	64	0.59
			외부	167	2.66	305	2.81	605	3.26	329	3.06
		부도심 코든 2	내부	-58	-0.92	-167	-1.54	-460	-2.48	-241	-2.24
			외부	116	1.84	212	1.95	420	2.26	227	2.11
	도심 및 부도심 코든	내부	24	0.39	-35	-0.32	-240	-1.29	-88	-0.81	
		외부	24	0.38	57	0.52	116	0.62	58	0.54	
	수도권 전체			24	0.38	45	0.42	58	0.31	40	0.37

주: 1) 통행당 보상변화액을 통근자들의 평균 시간소득(저소득계층:6,295원, 중소득계층: 10,852원, 고소득계층: 18,566원, 전체 평균: 10,747원)으로 나누어 구하였음.

발생하였기 때문이다. 반면 시간가치가 높은 고소득계층의 경우 일부만 이용수단을 변경하여 이로 인한 불편이 통행시간 감소에 따르는 편익보다 작게 발생하였다. 다음으로 도심 코든 외부 지역이 목적지인 통근자들의 1인당 보상변화액은 저·중·고소득계층이 각각 -12원, -9원, -11원으로, 모든 소득계층의 후생이 증가하였다. 비록 각 소득계층의 1인당 보상변화액의 차이는 크지 않지만 소득수준이 높을수록 통근자들의 시간소득에 대한 보상변화액 비율의 절대값이 0.19%, 0.09%, 0.06%로 작아지기 때문에 소득 누진적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 수도권 전체 통근자들의 1인당 보상변화액도 저·중·고소득계층이 각각 -10원, -8원, -19원으로, 모든 소득계층의 후생이 증가하였다. 이는 수도권의 전체 통근자들 중 목적지가 도심 코든 내부 지역인 통근자들이 소수이며, 수도권 전반적으로 승용차 통행량이 감소함에 따라 도로상의 교통 혼잡이 감소하기 때문이다. 특히 저소득계층의 시간소득에 대한 보상변화액 비율이 -0.15로 가장 커서 혼잡통행료가 부과되면 수도권 전체적으로는 소득 누진적인 효과가 있는 반면, 도심 코든 내부 지역이 목적지인 통근자들에 대해서는 소득 역진적인 효과가 있을 것으로 결론지을 수 있다.

그러나 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과하는 경우 통근자들의 1인당 보상변화액의 크기는 목적지에 따라 다양하게 나타났다. 우선 도심 및 부도심 코든 1의 내부 지역이 목적지인 통근자들의 1인당 보상변화액은 앞서와 같이 고소득계층만 각각 -1원과 -128원으로 증가하고, 나머지 소득계층의 후생은 감소하였

다. 반면 부도심 코든 2의 내부 지역이 목적지인 통근자들의 1인당 보상변화액은 저·중·고소득계층이 각각 -58원, -167원, -460원으로, 모든 소득계층의 후생이 크게 증가하였다. 따라서 각 코든의 내부 지역이 목적지인 통근자들의 경우 소득수준이 높을수록 후생이 증가하여 소득 역진적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 반면 도심과 부도심 코든의 외부 지역이 목적지인 통근자들의 후생은 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과할 때와 달리 모든 소득계층에서 감소하며, 특히 고소득계층의 후생이 크게 감소하여 소득 누진적인 효과가 있는 것으로 나타났다. 특히 수도권 전체적으로는 저·중·고소득계층 통근자들의 시간소득에 대한 보상변화액의 비율이 각각 0.38%, 0.42%, 0.31%로 중소득계층이 가장 큰 영향을 받을 것으로 추정된다.

한편 지역적 형평성 효과는 종로3가역을 중심으로 지하철 1·3호선 및 이와 연계되는 수도권 전철 노선의 인접 지역에 거주하면서 도심 및 부도심으로 출근 또는 통과하는 통근자들의 보상변화액을 남북으로 각각 5km 구간씩 구분하여 분석하였다.

먼저 도심 통근자들만을 대상으로 살펴보면, 지하철 1호선 및 경원·경인선 인접 지역에 거주하는 북쪽 도심 통근자들의 후생은 두 방안에서 모두 0~5km 구간을 제외하면 감소하며, 특히 10~15km 구간에서 크게 감소하였다. 반면 남쪽 통근자들의 후생은 도심 코든에서 혼잡통행료를 부과하는 경우 일부 구간을 제외하면 모두 증가하지만, 도심과 부도심 코든에서 함께 부과하면 도심 코든 인접 지역에 거주하는 통근자들의 후생만 증가

하였다. 이는 남쪽 5~10km 구간에 위치하는 여의도동보다 남쪽에 거주하는 통근자들의 경우 부도심진입료를 부담해야 할 가능성이 높아져 금전적 부담이 증가하기 때문이다. 따라서 도심 통근자들의 소득계층별 1인당 평균 보상변화액은 전자의 경우 저소득계층 50원, 중소득계층 33원, 고소득계층 -82원으로 고소득계층의 후생은 증가하는 반면, 후자의 경우 각각 88원과 111원, 67원으로 모든 소득계층의 후생이 감소하였다. 이와 반대로 지하철 3호선 및 일산·분당선 인접 지역에 거주하는 도심 통근자들의 후생은 북쪽이 남쪽보다 더 크게 증가하며, 도심 코든에 가까워질수록 더 크게 증가하였다. 그러나 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과할 경우 통근자들의 후생은 전반적으로 감소하며, 특히 서초·강남 지역이 포함되는 부도심 코든 2의 남쪽 통근자들의 후생이 크게 감소하였다. 이는 앞서 설명한 바와 같이 부도심 코든을 통과할 가능성이 높아짐에 따라 통행비용의 부담이 증가하기 때문이다. 따라서 지하철 3호선 및 일산·분당선 인접 지역에 거주하는 도심 통근자들의 소득계층별 1인당 평균 보상변화액은 전자의 경우 저소득계층 -7원, 중소득계층 -65원, 고소득계층 -278원으로 모든 소득계층의 후생이 증가하는 반면, 후자의 경우 각각 9원, -25원, -197원으로 저소득계층을 제외한 중·고소득계층의 후생만 증가하였다.

한편 부도심 통근자들의 경우⁹⁾ 도심 코든에서 혼잡통행료를 부과하면 두 노선 모두 북쪽 통근자들의 후생은 감소하며, 특히 도심 코든을 통과할 가능성이 높은 북쪽 0~5km 구간에서 가장 크게 감소하였다. 그러나 부도심 코든에 인접한 남쪽 통근자들은 혼잡통행료를 부담하지 않고 교통량 감소로 인한 통행속도의 개선 효과를 누리므로 오히려 후생이 증가하였다.

따라서 지역적 형평성 효과는 통근자들이 거주하는 방사축에 따라 상당히 다르며, 같은 방사축이라고 하더라도 북쪽 또는 남쪽 구간인지에 따라라도 차이가 있을 것으로 추정된다. 그러나 이와 관계없이 거주지가 코든에서 멀수록 통근자들의 후생 증가분이 감소하거나 후생 자체가 감소하는 것으로 나타났다. 이는 혼잡통행료가 부과됨에 따라 방사형 도로에서 발생하는 교통량 감소 및 통행속도 증가 효과가 각 코든에 가까워질수록 보다 클 것이기 때문이다.

한편 혼잡통행료 부과 후 각 코든 반경 10km내에 거주하면서 도심 또는 부도심을 통과할 가능성이 높은 통근자들¹⁰⁾의 후생은 거리구간이나 통행 방향과 관계없이 전반적으로 감소하며, 특히 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과할 경우 더 크게 감소하였다. 이는 코든을 통과할 가능성이 높은 통근자들은 혼잡통행료가 부과되더라도 승용차 또는 택시에서 지하철 또는 버스로 이용수단을 변경하는 비율은 상당히 작은 대신 코든을 우회하는 도로의 교통혼잡은 심화되어 통행시간이 예전보다 증가하기 때문으로 판단된다.

3. 효율성 측면의 효과

도심 또는 부도심 코든으로 진입하는 자가용 승용차에 대해 2,000원을 부과하면 수도권 전체적으로 상당히 큰 사회적 순편익이 발생할 것으로 추정된다. <표 11>에서 보는 바와 같이 평일의 오전 첨두 1시간 동안 발생하는 사회적 순편익 또는 사회적 후생 증가액은 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과하는 경우 108,020천원이며, 도심과 부도심 코든에서 함께 부과하는 경우 63,956천원이다. 따라서 혼잡통행료를 평일의 오전·오후 첨두 2시간씩 확대 부과할 경우 연간 발생하는 사회적 순편익은 각각 134,809백만원과 79,818백만원에 달할 것으로 추정된다.

도심 코든에서 혼잡통행료를 부과할 경우 평일의 오전 첨두 1시간 동안 발생하는 통근자들의 후생 증가액이 사회적 후생 증가액의 상당한 부분을 차지하는 반면, 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과하면 통근자들의 후생은 오히려 감소하며, 특히 중소득계층의 후생이 크게 감소할 것으로 추정된다. 그러나 두 방안 모두 기업이 부담하는 자가용 승용차의 주차비용이 상당 부분 절감될 것으로 추정된다. 이는 코든 내에 입지하고 있는 기업의 경우 혼잡통행료가 부과되면 자가용 승용차를 통근 교통수단으로 이용하는 직원 수가 감소하여 주차비용 지원금을 크게 절감할 수 있기 때문이며, 그 효과는 후자의 경우 더 클 것으로 추정된다. 도심 코든에서 혼잡통행료를 부과할 경우 코든으로 진입하는 자가용 승용차는 오전 첨두 1시간 동안 약 6,750대 정도 감소하며, 도심과 부도심 코든에서 함께 부과할 경우 약 22,740대가

9) 부도심으로 출근 및 통과하는 통근자들의 경우 부도심 코든 1은 지하철 1호선 및 경원·경인선, 부도심 코든 2는 지하철 3호선 및 일산·분당선 인접 지역의 거주자들만을 대상으로 하였다.

10) 분석대상을 이와 같이 설정한 이유는 상대적으로 우회도로를 선택하는 대신에 코든을 통과할 가능성이 높기 때문이다.

<표 11> 혼잡통행료 부과에 따른 사회적 후생 변화액

(단위: 천원/시간, 백만원/년)

구분		도심진입료		도심 및 부도심진입료		
		1시간	1년 ¹⁾	1시간	1년 ¹⁾	
1. 통근자들의 보상변화액(ΔE)	저소득	-13,400	-16,723	33,180	41,408	
	중소득	-10,299	-12,853	56,393	70,379	
	고소득	-17,180	-21,441	53,324	66,548	
	소계	-40,879	-51,016	142,897	178,336	
2. 사회적 후생 변화액 보정						
♦ 사회적 비용 변화액(ΔASC)		-20,053	-25,026	-69,554	-86,804	
- 승용차의 주차비용 변화액		-21,423	-26,736	-72,203	-90,109	
- 택시운송업체의 운행비용 변화액		1,370	1,710	2,648	3,305	
♦ 세수 및 수입 변화액(ΔAPT)		46,832	58,446	136,881	170,827	
- 세수 변화액	승용차	국세	-1,035	-1,292	-1,697	-2,117
		지방세	-93	-116	-152	-189
	택시	국세	92	115	178	222
		지방세	10	12	19	24
	소계	-1,026	-1,281	-1,652	-2,061	
- 혼잡통행료 수입 변화액		34,778	43,404	106,083	132,392	
- 대중교통 운임수입 변화액	버스	5,379	6,713	11,653	14,543	
	지하철	2,351	2,934	10,457	13,051	
	택시	5,349	6,676	10,339	12,903	
	소계	13,079	16,323	32,449	40,497	
♦ 외부비용 변화액(ΔTEC)		-257	-321	-419	-522	
- 사고비용 변화액		-249	-310	-408	-509	
- 대기오염비용 변화액		-8	-10	-11	-14	
합계(ΔTSW)		108,020	134,809	63,956	79,818	

주: 1) 1년=(1일 오전·오후 첨두 2시간씩 4시간)×(평일 6일)×(52주).

감소할 것으로 추정된다.

한편 서울시의 혼잡통행료 수입액은 평일의 오전 첨두 1시간 동안 각각 34,778천원과 106,083천원에 달할 것으로 추정된다. 물론 혼잡통행료가 부과되면 택시의 운행거리 증가분보다 승용차의 운행거리 감소분이 훨씬 더 크기 때문에 중앙정부와 서울시의 유류세 수입액이 감소하나, 이는 혼잡통행료 수입액보다 대단히 작기 때문에 중앙정부와 서울시 전체적으로는 상당히 큰 수입을 얻을 것으로 추정된다.

마찬가지로 대중교통수단을 운영하는 업체들의 운임수입액도 평일의 오전 첨두 1시간 동안 각각 13,079천원과 32,449천원 정도 증가할 것으로 추정된다. 이는 혼잡통행료가 부과되면 자가용 승용차 이용자들 중 상당수가 대중교통수단, 특히 버스나 택시와 같이 도로의 통행속도 증가 혜택을 받는 이용수단으로 변경하기 때문이다. 물론 택시의 경우 혼잡통행료가 부과되기 전보다 운행비용은 증가하지만, 운행비용 증가액보다 운임수입 증가액이 훨씬 더 크기 때문에 택시업체들도 버스업체나 지하철 운영기관과 같이 비용회수율(cost recovery ratio)이 높아질 것으로 추정된다.

마지막으로 외부비용은 평일의 오전 첨두 1시간 동안 각각 257천원과 419천원 정도 감소하며, 주로 사고비용이 감소할 것으로 추정된다.

VI. 결론

서울시가 도심 또는 부도심 코드로 진입하는 자가용 승용차에 대해 2,000원의 혼잡통행료를 부과하는 방안을 시행할 경우 교통, 형평성 및 효율성 측면의 효과에 대해 분석한 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 교통 측면의 경우 혼잡통행료를 부과하면 도심 또는 부도심 코든 내부 도로와 방사형 도로뿐만 아니라 수도권 전역에 걸쳐 자가용 승용차의 교통량은 감소하고, 대중교통수단의 분담율은 증가할 것으로 추정된다. 특히 도로의 통행속도 증가로 인해 지하철보다 버스의 분담율이 더 크게 증가할 것으로 추정된다. 이 때 통근자들의 소득수준이 낮을수록 승용차의 분담율은 크게 감소하고, 대중교통수단의 분담율은 크게 증가할 것으로 추정된다. 그러나 도심 또는 부도심을 통과했던 자가용 승용차 이용자들 중 상당수가 혼잡통행료를 지불하지 않기

위해 코든을 우회하기 때문에 코든 경계 도로와 코든에 인접한 순환도로의 통행속도는 감소할 것으로 추정된다. 이러한 효과는 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과할 때보다 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과할 경우 더 두드러질 것으로 추정된다.

둘째, 형평성 측면의 경우 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과하면 수도권 전체적으로 모든 소득계층의 후생이 증가하며, 소득 누진적인 효과가 있을 것으로 추정된다. 그러나 도심 코든의 내부 지역이 목적인 통근자들의 경우 평균적으로 고소득계층의 후생은 증가하지만 저·중소득계층의 후생은 감소하므로 소득 역진적인 효과가 있을 것으로 추정된다. 반면 도심과 부도심 코든에서 혼잡통행료를 함께 부과하면 수도권 전체적으로는 모든 소득계층의 후생이 감소하나 도심과 부도심 코든 1의 내부 지역이 목적인 고소득계층 및 부도심 코든 2의 내부 지역이 목적인 통근자들의 후생은 모두 증가하며, 소득 역진적인 효과가 있을 것으로 추정된다. 이러한 결과는 도심과 부도심의 방사축 또는 거주지와 도심 및 부도심 코든까지의 거리에 따라 다르며, 통근자들의 소득수준과 가로망 체계의 영향도 일부 받는 것으로 추정된다. 한편 도심이나 부도심 코든을 통과할 가능성이 높은 통근자들의 후생은 혼잡통행료 부과 후 소득계층이나 통행 방향에 관계없이 대체로 감소할 것으로 추정된다.

따라서 통근자들의 후생은 코든의 설정 및 대상지역에 따라 소득 누진적 또는 소득 역진적인 효과를 모두 야기할 수 있으므로 외국의 연구 결과들을 단순히 받아들이기에는 무리가 있을 것으로 판단된다.

마지막으로 효율성 측면의 경우 도심 또는 부도심 코든에서 혼잡통행료를 부과하면 수도권 전체적으로 상당히 큰 사회적 순편익이 발생할 것으로 추정된다. 그러나 도심 코든에서만 혼잡통행료를 부과할 때보다 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과하면 그 크기는 감소하는데, 이는 후자의 경우 혼잡통행료의 부담이 증가하여 전자보다 통근자들의 후생이 감소하기 때문이다. 반면 혼잡통행료의 수입금은 코든을 넓게 설정한 후자의 경우 더 많이 발생할 것으로 추정된다. 한편 혼잡통행료를 부과할 때 발생하는 사회적 순편익의 상당 부분은 통근자들의 통행시간 감소와 기업이 부담하는 자가용 승용차의 주차비용 감소 및 사고비용이나 대기오염비용의 감소로 인한 것이다. 이러한 주차비용 및 외부비용은 도심과 부도심 코든에서 함께 혼잡통행료를 부과할 경우 더 크게 감소할 것으로 추정된다.

이와 같은 본 연구의 결론은 분석에 사용된 모형의 단 순성 및 분석 범위의 한계 등으로 다소 제한적으로 받아들일 필요가 있다.

우선 본 연구는 분석 대상을 오전 첨두시간대의 출근 목적 통행으로 국한함으로써 같은 시간대의 다른 목적 통행과 비첨두시간대의 통행을 반영하지 못하였다. 특히 총 통근자 수가 고정되어 있다고 가정함으로써 혼잡통행료 부과에 따른 통근자들의 출발시각 변경 효과를 고려하지 못하였다. 실제로 혼잡통행료가 부과되면 통근자들은 통행 경로나 수단을 변경할 수도 있지만 출발시각을 변경할 수도 있기 때문이다.

본 연구는 혼잡통행료 부과방안의 형평성 효과를 분석하는데 있어 통근자들의 소득만을 고려하였을 뿐 다른 특성을 고려하지 못하였다. 또한 지하철 1·3호선 및 이와 연계되는 수도권 전철 노선의 인접 지역에 거주하는 도심 및 부도심 통근자들만을 대상으로 지역적 형평성 효과를 분석하였기 때문에 다른 방사축이나 목적지 통근자들에 대한 형평성 효과를 충분히 고려하지 못하였다. 특히 형평성 효과는 Hau(1995) 등이 지적한 바와 같이 정부가 혼잡통행료 수입금을 어떻게 사용하느냐에 따라 그 결과가 크게 달라질 수 있다. 즉 혼잡통행료 수입금을 도로운영개선이나 교통정보시스템 구축, 대중교통체계 개선 등에 이용할 경우 통행시간 단축과 서비스 개선 등으로 인하여 저소득계층의 후생을 증가시킬 수 있기 때문이다. 따라서 추후 이와 관련된 연구들이 진행될 필요가 있다.

참고문헌

1. 김항배 외(1996), 서울시 혼잡통행료제도 실시방안에 관한 연구, 교통개발연구원.
2. 서울지방경찰청(2002), 2002 서울시 교통량 조사 자료.
3. 서울특별시(각 연도), 사업계획초통계조사보고서.
4. 서울특별시(각 연도), 서울통계연보.
5. 서울특별시·서울시정개발연구원(2003), 2002 서울시 가구통행실태조사.
6. 설재훈 외(1999), 인천광역시 버스(시내·마을) 노선의 합리적 조정방안 수립, 교통개발연구원.
7. 설재훈·박인기(2003), 2002 전국 교통혼잡비용 산출과 추이 분석, 교통개발연구원.
8. 손봉수·황기연(2001), 서울시 혼잡통행료 징수체

- 계 보완 연구, 서울시정개발연구원.
9. 송재룡·송현주(2000), 경기도 택시서비스 개선방안 연구, 경기개발연구원.
 10. 오재학 외(2001), 교통수요관리방안의 효과측정 모형 개발(2단계), 교통개발연구원.
 11. 유정복·최병호(2004), 2002년 교통사고비용 추정에 관한 연구, 교통개발연구원.
 12. 한국산업경제연구원(1996), 서울시 택시운임 수준 및 체계 개선방안 연구.
 13. 홍갑선(1999), 교통 관련 사회환경비용의 내재화 방안, 교통개발연구원.
 14. 황기연(1997), 서울시 대중교통수단 다양화에 관한 연구.
 15. Ben-Akiva, M. and Lerman, S. R.(1985), Discrete Choice Analysis, The MIT Press.
 16. Hau, T. D.(1986), "Distributional Cost-Benefit Analysis in Discrete Choice", Journal of Transport Economics and Policy, Vol. 20, pp.313~338.
 17. Hau, T. D.(1987), "Using a Hicksian Approach to Cost-Benefit Analysis in Discrete Choice: An Empirical Analysis of a Transportation Corridor Simulation Model", Transportation Research Part B, Vol. 21, No. 5, pp.339~357.
 18. Hau, T. D.(1995), "Instruments for Charging Congestion Externalities", in Road Pricing: Theory, Empirical Assessment and Policy (Johansson, B. and Mattsson, L., ed), Kluwer Academic Publishers, pp.223~234.
 19. Liu, L. N. and McDonald, J. F.(1998), "Efficient Congestion Tolls in the Presence of Unpriced Congestion: A Peak and Off-Peak Simulation Model", Journal of Urban Economics, Vol. 44, pp.352~366.
 20. Liu, L. N. and McDonald, J. F.(1999), "Economic Efficiency of Second-best Congestion Pricing Schemes in Urban Highway Systems", Transportation Research Part B, Vol. 33B, No. 3, pp.157~188.
 21. Small, K. A.(1983), "The Incidence of Congestion Tolls on Urban Highways", Journal of Urban Economics, Vol. 13, pp.90~111.
 22. Small, K. A. and Rosen, H. S.(1981), "Applied Welfare Economics with Discrete Choice Models", Econometrica, Vol. 49, No. 3, pp.105~130.
 23. Small, K. A. and Yan, J.(2001), "The Value of "Value pricing" of Roads: Second-best Pricing and Product Differentiation", Journal of Urban Economics, Vol. 49, No. 2, pp.310~336.

✉ 주 작성자 : 조은경
 ✉ 교신저자 : 조은경
 ✉ 논문투고일 : 2006. 7. 3
 ✉ 논문심사일 : 2006. 8. 23 (1차)
 2007. 1. 18 (2차)
 ✉ 심사판정일 : 2007. 1. 18
 ✉ 반론접수기한 : 2007. 6. 30

