

중형 저상전기버스 도입에 따른 지불용의액 추정 연구

Study of the WTP Estimation for Introduction of Medium-sized Low Floor Electric Bus

김경현* · 박상민** · 박성호*** · 윤일수****

* 주저자 : 한국도로공사 도로교통연구원 Post-Doc
 ** 공저자 : 아주대학교 건설교통공학과 박사과정
 *** 공저자 : 아주대학교 건설교통공학과 박사과정
 **** 교신저자 : 아주대학교 교통시스템공학과 부교수

Kyung Hyun Kim* · Sangmin Park** · Sungho Park*** · Ilsoo Yun****

* Transportation Research Division, Korea Expressway Corporation Research Institute
 ** Dept. of Transportation Eng., Ajou University
 *** Dept. of Transportation Eng., Ajou University
 **** Dept. of Transportation Eng., Ajou University
 † Corresponding author : Ilsoo Yun, ilsooyun@ajou.ac.kr

Vol.17 No.1(2018)

February, 2018

pp.17~30

ISSN 1738-0774(Print)

ISSN 2384-1729(On-line)

<https://doi.org/10.12815/kits>

2018.17.1.17

요약

현재 지구촌 기후변화 대응 패러다임은 선진국 중심이 아닌 모든 국가가 참여하는 보편적 대응체제로 전환되었으며, 우리나라 또한 2030년까지 수송분야 온실가스 감축목표를 25.9백만톤으로 설정하였다. 한국 사회는 고령화 사회에 진입하였으며, 2026년 초 고령화 사회로 진입할 전망이다. 이에 본 연구에서는 대중교통부문 온실가스 저감 및 교통약자 이동편의 증진을 위해서 기존 마을버스를 중형 전기저상버스로 교체할 경우를 가정하여 지불용의액 및 사회적 편익을 추정하였다. 수도권 마을버스 이용자를 대상으로 설문조사를 수행하였으며, 비시장가치 평가방법 중 하나인 조건부 가치추정법을 이용하여 지불용의액을 추정하였다. 지불의사금액 모형 추정결과 평균 WTP는 51.4(원/회·인)이며, 2014년 기준 경기도 마을버스 이용자의 경제적 편익 추정 결과 평일 약 5천만 원, 주말 약 4천만 원으로 분석되었다.

핵심어 : 중형 저상전기버스, 조건부 가치추정법, 지불용의액, 이중양분선택형 질문

ABSTRACT

Currently, the global climate change response paradigm has been changed to a universal response system in which all nations, not the developed countries, participate. Korea has also set a target of 25.9 million tons of transportation greenhouse gas reduction targets by 2030. Korean society is expected to enter the super aging society in 2026. In this study, to reduce the greenhouse gas emissions in public transport and to improve the convenience of transportation vulnerable, we estimate the willingness to pay(WTP) and social benefits assuming that the existing feeder buses are replaced with medium-sized low floor electric buses. To this end, survey was conducted on bus users in the metropolitan area and WTP was estimated by using contingent valuation method(CVM), which is one of the non-market value evaluation methods. As a result of estimation of WTP, the average WTP is 51.4 (won / time-person), estimated the economic benefits were 50 million won on weekdays and 40 million won on weekends in Gyeonggi Province in 2014.

Key words : Medium-sized low floor electric buses, Contingent Valuation Method, Willingness to Pay, Double Dichotomous Choice Question

Received 9 January 2018

Revised 25 January 2018

Accepted 5 February 2018

© 2018. The Korea Institute of Intelligent Transport Systems. All rights reserved.

I. 서 론

1. 연구의 배경

2015년 유엔기후변화회의(2015 United Nations Climate Change Conference) 제21차 기후변화당사국총회(COP21)를 통해서 파리협정(The Paris Agreement)이 채택되었다. 이로 인해서 지구촌 기후변화 대응 패러다임은 선진국 중심이 아닌 모든 국가가 참여하는 보편적 대응체제로 전환되었다. 우리나라의 경우에도 저탄소 녹색성장 기반 조성을 위하여 「저탄소 녹색성장 기본법」을 제정하였으며, 이에 따라 녹색성장 5개년 계획, 에너지 기본계획, 기후변화 적응대책, 기후변화대응 기본계획 등을 수립하고 있다. 「저탄소 녹색성장 기본법 시행령」(제25조)에서는 2030년 국가 온실가스 총배출량을 전망치 대비 100분의 37까지 감축하는 것을 목표로 설정하였다. Office for Government Policy Coordination Prime Minister's Secretariat(2016.12.6)에 따르면 2030년 수송 분야 온실가스 감축목표는 25.9백만 톤(감축률 24.6%)이며, 이를 위해서 차량 평균 연비 기준강화, 친환경차 보급 확대, 대중교통 중심의 교통체계 구축, 전환수송 촉진 등 녹색물류 효율화 정책을 추진할 전망이다. KOTEMS(2017.12.29 접속기준)에 따르면 2014년 교통부문 온실가스 배출량의 93.27%는 도로에서 발생하며, 경유를 연료로 사용하는 차종의 배출량이 53.85%로 가장 높게 나타났다. 우리나라에서 운행 중인 대표적인 대중교통 수단은 버스이다. 2015년 기준 버스 수단 분담률은 20.0%(Korea Transport DataBase, 2017)로 승용차 다음으로 가장 높은 비율을 차지하고 있다. Ministry of Land, Infrastructure and Transport & Korea Transportation Safety Authority(2015)의 마을버스 현황 자료에 따르면 2014년 12월 기준 전국 마을버스의 94.4%는 서울특별시 및 경기도에서 운행하고 있다. 해당 자료를 이용하여 서울특별시 및 경기도에서 운행 중인 버스 중 마을버스의 비율을 추산해 보면 17.1%이다. 2015년 기준 CNG버스 보급률은 58.9%(KOSIS, 2017.12.29 접속 기준)이다. 하지만 수도권 중소 도심이나 신도시 마을버스에 이용되는 중형버스는 대부분 경유를 연료로 사용하므로 환경오염에 심각한 영향을 미치고 있다. 따라서 시내버스뿐만 아니라 마을버스 또한 친환경 교통수단으로의 전환이 필요할 것으로 판단된다.

United States Census(2016)에 따르면 2050년 한국은 일본에 이어 전 세계 2위의 고령 국가가 될 것으로 전망하고 있다. 한국은 이미 2000년 65세 인구 7% 이상의 고령화 사회에 진입하였고, 2026년 초 고령화 사회에 진입할 것으로 예상된다. 27년만의 초 고령화 사회 진입은 아시아 국가인 중국(34년), 일본(37년), 태국(35년)에 비해서 훨씬 빠른 속도이다. Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2017.3.21)에서 발표한 실태조사 결과를 보면 2015년 기준 교통약자 중 고령자의 비율은 51.2%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 교통약자는 교통수단 중 버스(26.3%)를 가장 많이 이용하는 것으로 나타났다. 인구 고령화가 심화됨에 따라서 교통약자 중 고령자의 비율은 앞으로 계속해서 증가할 것으로 예상된다. 「교통약자 이동편의 증진법」은 일상생활에서 이동에 불편을 느끼는 교통약자가 안전하고 편리하게 이동할 수 있도록 사람중심의 교통체계를 구축하기 위하여 제정되었으며, 저상버스 도입은 이러한 대책 중 하나이다. 2016년 기준 서울특별시 저상버스 보급률은 40.4%이며, 경기도는 13.3%(MOLIT STATISTICS SYSTEM, 2017.12.29 접속 기준)이지만 이는 모두 시내버스에 대한 보급률이다. 초 고령화 사회 진입에 따른 교통약자 이동편의 증진에 선제적으로 대응하기 위해서는 시내버스에 대한 저상버스 보급뿐만 아니라 마을버스에 대한 저상버스 도입이 필요한 시점이라고 판단된다.

2. 현황 및 전망

국내에서 운행 중인 저상버스는 현대자동차, 자일대우버스, 에디슨 모터스, 우진산전에서 제작하고 있다. 이들 차량은 대부분 차량의 전장이 11m로서 기존 시내버스로 운행하는 차량과 비슷하거나 약간 더 긴 편이

다. 이러한 차량들은 도로에서의 주행과정에서는 큰 문제가 없지만 골목길이나 왕복 2차로의 도로에서 회전 시 차량 길이로 인해 종종 어려움을 겪고 있다. 현재 마을버스 및 중형버스는 9m급의 차량(대우 BS090, 현대 글로벌 900)이 주를 이루고 있으며, 전기버스는 에디슨 모터스의 e-하이버드가 제주 및 부산에서 영업운행 중에 있다. 국외 버스시장은 크게 중국, 러시아, 인도, 일본, 유럽 등으로 구분할 수 있다. 이 중 중국시장의 경우 전 세계 버스시장의 약 40%를 차지하고 있으며, VOLVO, MAN, NEOPLAN, IVECO 등 유럽을 중심으로 한 10개사가 자본출자를 통해 중국시장에 진출하여 고급버스 시장을 선점하고 있다. 현재 국내 중형 버스 제조사로는 현대 자동차, 자일대우버스, 타타대우 상용차가 있으며, 중형 저상전기버스 제작사는 전무한 상황이다. 해외 하이브리드 및 전기버스는 Optare(영국), New Flyer(미국), 산둥 중문이상기차(중국), Poncho(일본) 등이 있다.

세계 친환경 자동차 시장은 연평균 11.3% 성장하고 있으며, 전기차를 비롯한 친환경 자동차가 기존 내연 기관차를 대체해 나가고 있다. EU는 온실가스 저감을 위해서 EURO-6 배출가스 저감 기준을 제시하고 있으며, 미국은 캘리포니아주를 중심으로 ULEV(Ultra Low Emission Vehicle), SULEV(Super Ultra Low Emission Vehicle)을 넘어서 ZEV(Zero Emission Vehicle) 프로젝트를 진행 중에 있다. 세계 자동차 시장은 고연비, 친환경 자동차 중심으로 재편될 것으로 예상되며, 하이브리드차, 전기차, 수소차와 같은 친환경 자동차가 큰 비중을 차지할 것으로 전망된다(Ministry of Environment, 2015). 국내의 경우 차량 구매 보조금 지급, 인센티브 제공, 세금감경, 충전시설 설치 지원 등 다양한 친환경 자동차 보급 정책을 추진하고 있으며, 「친환경 자동차 개발 및 보급 기본계획(2016년~2020년)」에 따라서 2020년까지 자동차 등록대수의 10%를 친환경 자동차로 보급할 계획이다.

정부에서는 교통약자가 안전하고 편리하게 이동할 수 있도록 이동편의 증진정책의 기본방향 및 목표를 제시하는 5년 단위의 법정계획을 수립하고 있으며, 현재 「제3차 교통약자 이동편의 증진계획(2017~2021)」이 수립되었다. 이에 따라 정부는 현재 저상버스 보급률(2016년 기준 19%)을 2021년 42%까지 향상시킬 계획이다. 농어촌지역의 경우 시내버스의 운영 수익 감소로 인하여 지자체 적자보조금 규모가 급격히 증가할 것으로 예상되므로 중형 저상버스 R&D 사업을 통하여 교통소외지역 및 지역적 한계를 가지고 있는 지역에 중형 저상버스를 도입할 계획이다.

3. 연구의 목적

중소기업청에서는 미래 사회 및 교통 환경 변화에 대응하기 위하여 기존 마을버스를 대체할 수 있는 중형 저상전기버스 구동시스템 개발 연구를 진행하고 있다. 이에 본 연구에서는 대중교통부문 온실가스 저감 및 교통약자 이동편의 증진을 위해서 기존 마을버스를 중형 전기저상버스로 교체할 경우를 가정하여 지불용의액과 이를 이용한 편익을 추정하였다. 수도권 마을버스 이용자를 대상으로 설문조사를 수행하였으며, 비시장 가치 평가방법 중 하나인 조건부 가치측정법을 이용하여 지불용의액을 추정하였다.

II. 관련 이론 및 연구 고찰

1. 관련이론

1) CVM 모형

조건부 가치측정법(Contingent Valuation Method; 이하 CVM)은 비시장재(non-marketed goods and services)에 대한 가상시장을 구축하여 개인들로 하여금 평가대상 공공서비스의 변화를 사적 재화와 상호교환(trade-off)

하게 하거나, 직접 화폐단위로 지불의사(Willingness to Pay; 이하 WTP)를 진술하게 함으로써 평가대상에 크게 구애받지 않는 유연한 비시장가치 평가기법이다(Korea Development Institute, 2012).

CVM을 이용한 지불의사 유도에는 경매법(bidding game), 개방형 질문법(open ended question), 지불카드법(payment card), 양분선택형 질문법(dichotomous choice question) 등 다양한 방법이 있다. 양분선택형 질문은 출발점 편이, 전략응답 편이와 무응답 편이에 대한 노출이 적으며, 응답자의 지불의사 선택이 간단하므로 다양한 편이의 가능성도 낮기 때문에 응답자의 전략적 행위를 줄일 수 있는 양분선택형 질문법을 널리 이용되고 있다(Korea Development Institute, 2012).

2) 양분선택모형

WTP의 누적분포함수인 G_c 와 제시금액인 A 를 이용하여 구성된 단일양분선택모형의 로그우도함수는 다음의 식(1)과 같다(Korea Development Institute, 2012).

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \{I_i^Y \ln[1 - G_c(A_i)] + I_i^N \ln G_c(A_i)\} \quad (1)$$

여기서 I_i^Y 및 I_i^N 은 다음과 같이 정의되는데 $1(\cdot)$ 은 인디케이터함수로서 괄호안의 내용이 참이면 1의 값을 가지며 거짓이면 0의 값을 가진다(Korea Development Institute, 2012).

$$\begin{aligned} I_i^Y &= 1 \text{ (} i \text{번째 응답자의 응답이 “예”)} \\ I_i^N &= 1 \text{ (} i \text{번째 응답자의 응답이 “아니오”)} \end{aligned} \quad (2)$$

이중양분선택모형에서 i 번째 응답자는 첫 번째 제시금액(A_i^1)을 지불할지 여부에 대해서 “예” 혹은 “아니오”로 응답한다. “예”라고 응답한 응답자에게 제시되는 두 번째 금액과 “아니오”라고 응답한 응답자에게 제시되는 두 번째 금액은 각각 A_i^H 및 A_i^L 이며, WTP 질문에 대한 응답을 간단하게 나타내기 위해 다음과 같이 변수를 정의한다(Korea Development Institute, 2012).

$$\begin{aligned} I_i^{YY} &= 1 \text{ (} i \text{번째 응답자의 응답이 “예-예”)} \\ I_i^{YN} &= 1 \text{ (} i \text{번째 응답자의 응답이 “예-아니오”)} \\ I_i^{NY} &= 1 \text{ (} i \text{번째 응답자의 응답이 “아니오-예”)} \\ I_i^{NN} &= 1 \text{ (} i \text{번째 응답자의 응답이 “아니오-아니오”)} \end{aligned} \quad (3)$$

I_i^{YY} 는 i 번째 응답자의 응답이 “예-예”이면 1이고, 아니면 0의 값을 취한다. 효용극대화를 추구하는 응답자 N 명의 표본을 가정할 경우 i 번째 응답자의 응답 결과를 구분하여 다음과 같이 로그우도함수를 구성할 수 있다(Korea Development Institute, 2012).

$$\ln L = \sum_{i=1}^N \{I_i^{YY} \ln[1 - G_c(A_i^H)] + I_i^{YN} \ln[G_c(A_i^H) - G_c(A_i)] + I_i^{NY} \ln[G_c(A_i) - G_c(A_i^L)] + I_i^{NN} \ln G_c(A_i^L)\} \quad (4)$$

3) 평균 WTP 추정

양분선택모형의 $F_{\eta}(\cdot)$ 의 누적분포함수(cumulative distribution function)을 로지스틱 분포(logistic distribution)로 가정하고 효용개선을 위한 지불의사 A원($\Delta = a - bA$)과 결합하면 WTP의 누적분포함수는 다음과 같다 (Korea Development Institute, 2012).

$$G_c(A) = [1 + \exp(a - bA)]^{-1} \quad (5)$$

여기서, a = 중형 저상전기버스 도입에 따른 효용

b = 소득에 대한 한계 효용

식(5)를 a 와 b 를 이용하여 로그우도 함수에 근거한 WTP 평균값과 중앙값은 식(6)과 같이 구할 수 있다 (Korea Development Institute, 2012).

$$C^+ = C^* = a/b \quad (6)$$

2. CVM 관련연구

Lee and Kim(2004)에서는 개방형 질문과 지불카드 방법을 이용한 다중회귀 모형을 통해서 고속도로 교통정보의 적정 가치를 추정하였다. 고속도로 교통정보는 구간별 속도 정보, 주요 도시간 소요시간 정보, 속도(사고 및 지체 정보), 동영상(CCTV) 정보로 구분하여 각각의 교통정보에 대한 가치를 추정하였다. Kum et al.(2006)에서는 개방형 질문방법을 이용하여 개선된 형태의 교통정보 제공 방법에 대한 가치를 추정하였다. 기존 ARS 서비스의 문제점인 운전 중 휴대폰 사용을 최소화하고 편리성을 향상시키기 위한 문자 서비스방식을 제시하였고, 이에 따른 대한 안전성 증진에 대한 경제적 가치를 추정하였다. Yeon et al.(2010)은 양분선택형 질문방법을 이용하여 가변전광표지판(VMS)의 교통정보 이용자만족도에 대한 가치를 추정하였다. 지역별 이용자만족도 차이를 비교하기 위하여 전국의 VMS 이용자를 대상으로 조사를 수행하였으며, 도시고속도로와 도시부도로의 경우 차이가 있는 것으로 나타났다.

Do and Kim(2012)는 이중양분선택형 질문방법을 이용하여 생존분석 방법과 회귀모형을 통해서 경로안내 시스템에 대한 지불의사금액을 추정하였다. 분석대상을 단거리와 중거리로 구분하였으며, 분석결과 단거리 구간보다 중거리 구간에 대한 실시간 경로안내시스템의 가치를 더 높게 평가하는 것으로 나타났다. Choi and Yu(2013)에서는 개방형 질문방법을 이용하여 토빗모형과 프로빗모형을 통한 가변전광표지판(VMS)의 교통정보 가치를 추정하였다. 교통정보 가치는 개방형 질문방식과 폐쇄형 질문방식으로 각각 추정하였으며, 교통정보 1건당 WTP는 개방형 질문방식으로 추정한 결과가 더 높은 것으로 분석되었다. Kim and Namgung(2015)에서는 개방형 질문방법을 이용하여 토빗모형을 통한 수요응답형교통체계(demand responsive transport)의 가치를 추정하였다. 추정결과 경제력이 낮은 농어촌지역의 고령자를 중심으로 수요응답형교통체계의 가치는 기존 버스요금보다 높은 수준인 것으로 분석되었다. Lee et al.(2015)는 이중양분선택형 질문방법을 이용하여 교통사고 긴급통보시스템 도입에 따른 가치를 추정하였다. 교통사고 긴급통보시스템에 대한 지불의사금액 추정모형은 생존분석, 다중회귀분석, 토빗모형의 세 가지 방법을 이용하여 구축하였다. 분석결과지불의사금액은 다중회귀분석, 생존분석, 토빗모형의 순서로 나타났다.

Ⅲ. 자료 수집 및 분석

1. 설문조사지 설계

설문조사 대상자들이 중형 전기저상버스에 대해서 이해할 수 있도록 중형 저상전기버스에 대한 설명, 도입에 따른 기대효과, 해외에서 운행 중인 중형저상버스 사진 등을 보기카드에 제시하였다. CVM에서는 지불의사액을 유도함으로써 경제적 가치를 추정하게 된다. 따라서 설문조사에서는 중형 저상전기버스 이용에 따른 추가 운임을 지불수단으로 선택하였다. CVM을 이용한 지불의사 유도에는 경매법, 개방형 질문법, 지불카드법, 양분선택형 질문법 등 다양한 방법이 존재한다. 본 연구에서는 다양한 질문 방법 중 이중양분선택형 질문(double bounded dichotomous choice) 방법을 사용하였다. 이중양분선택형 질문은 단일양분선택형 질문(single bounded dichotomous choice)의 장점을 살리는 동시에 WTP 추정시 자료의 효율성을 높일 수 있다는 장점을 가지고 있다(Korea Development Institute, 2012).

Korea Development Institute(2012)에 따르면 양분선택형 질문 적용시 제시금액의 범위와 구간의 수는 사전조사(pretest) 결과 얻어진 WTP 분포의 15%~85% 범위 내에서 4~6가지 제시금액을 설정할 수 있다. 이에 본 연구에서는 이중양분선택형 질문을 위한 제시금액 설정을 위하여 개방형 질문 방법을 이용하여 중형 저상전기버스 도입에 따른 추가 요금지불과 관련한 사전조사를 시행하였다. 사전조사는 마을버스 이용자 70명을 대상으로 수행하였으며, 추가 요금지불과 관련한 사전조사 결과는 <Table 1>과 같다.

<Table 1> Result of pretest

WTP (KRW)	0	50	100	150	200	250
Number of sample	9	12	34	5	7	3
Cumulative ratio	12.9%	30.0%	78.6%	85.7%	95.7%	100.0%

이중양분선택형 질문에서는 초기 제시 금액에 대해서 응답자가 ‘예’라고 대답하는 경우 두 배의 금액을 한 번 더 제시하고, ‘아니오’라고 대답하는 경우 초기 제시 금액의 1/2금액을 제시하게 된다. 본 연구의 설문에서도 이러한 기준에 의거하여 사전조사 결과를 기준으로 초기 제시 금액을 설정하였다. 설문조사지는 7개 유형으로 구분하였으며, 초기 제시 금액은 각각 20원, 40원, 60원, 80원, 100원, 120원, 140원으로 설정하였다.

설문조사 내용은 마을버스 이용행태, 응답자의 사회경제적 특성, 제시금액에 대한 추가 지불의사로 구성하였다. 마을버스 이용행태 조사는 일주일 평균 마을버스 이용횟수, 마을버스 이용만족도, 저상버스 이용경험에 대해서 조사하였으며, 사회경제적 특성은 성별, 연령, 교통약자 여부, 월평균 개인소득, 월평균 대중교통 요금, 승용차 보유여부를 조사하였다. 제시금액에 대한 추가 지불의사는 현재 마을버스를 중형 저상전기버스로 교체하였을 때 추가되는 마을버스 요금의 지불의사를 조사하였다.

2. 조사 설계

설문조사 지역은 Gyeonggi Research Institute(2014)에 제시된 경기도 마을버스 운행횟수(2014년 2월 기준) 자료를 이용하여 선정하였다. 경기도 각 도시의 마을버스 운행대수, 노선수, 노선당 대수, 운행횟수, 대당운행횟수를 기준으로 상위 5위에 해당하는 항목이 3개 이상인 도시를 선정하였다. 선정결과 성남시, 안양시, 고양시, 용인시가 조사지역으로 선정되었다. 조사지역별 버스 정류장 중 상대적으로 마을버스 노선이 많은 버스 정류장을 조사장소로 선정하였다. 설문대상은 총 560명이며, 남녀 각 280명으로 조사대상을 선정하였

다. 20~50대 연령별 조사대상은 각각 80명으로 선정하였으며, 전체 조사대상 중 교통약자를 240명으로 할당하였다. 7개의 설문유형별 조사대상은 각각 80명이며, 조사대상에 대한 표본할당 결과는 <Table 2>와 같다.

<Table 2> Details of Survey Sample Allocation

City	Place	Number of samples													
		Gender		Age				Transportation	Type of questionnaire						
		Male	Female	20~29	30~39	40~49	50~59	Vulnerable	A	B	C	D	E	F	G
Seongnam	Yatap Sta.	35	35	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10
	Sinheung Sta.	35	35	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10
Anyang	Anyang Intercity Bus Terminal	35	35	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10
	Pyeongchon Sta.	35	35	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10
Goyang	Hwajeong Sta.	35	35	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10
	Ilsan Dongbu Police Station	35	35	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10
Yongin	Giheung-Gu Office	35	35	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10
	Jukjeon Sta.	35	35	10	10	10	10	30	10	10	10	10	10	10	10
Total		280	280	80	80	80	80	240	80	80	80	80	80	80	80

3. 조사결과

1) 마을버스 이용행태

전체 응답자 중 33.0%는 일주일 평균 마을버스를 3~4회 이용하는 것으로 나타났다. 마을버스에 대한 이용 만족도는 대체로 높았으며, 전체 응답자 중 저상버스를 이용해 본 응답자는 37.5%인 것으로 나타났다. 마을버스 이용행태 관련 조사결과는 <Table 3>과 같다.

<Table 3> Survey Result of Behavioral Patterns for Feeder Buses

Classification	Number of sample	Ratio
Average Number of Feeder Bus Usage per Week	1~2 times	15.2%
	3~4 times	33.0%
	5~10 times	31.4%
	More than 10 times	20.4%
	Total	100.0%
Customer Satisfaction of Feeder Bus	Very dissatisfied	0.0%
	Somewhat dissatisfied	13.0%
	Neutral	46.6%
	Somewhat satisfied	40.0%
	Very satisfied	0.4%
	Total	100.0%
Experience using a low floor bus	Yes	37.5%
	No	62.5%
	Total	100.0%

2) 사회경제적 특성

설문 조사시 남녀 각 280명을 대상으로 조사를 수행하였다. 따라서 성별에 따른 응답비율은 50%로 동일하게 나타났다. 조사 설계 시 교통약자를 전체 조사 대상의 43%로 설정하였다. 교통약자 중 60대 이상의 고령자 37.9%로 가장 높게 나타났으며, 이러한 이유로 연령대별 조사결과 또한 60세 이상이 가장 높은 비중을 차지하였다. 월평균 개인 소득 분포는 50만원 미만의 응답자가 30.2%로 가장 높은 것으로 조사되었으며, 월평균 대중교통비용은 1~4만원(29.6%), 4~7만원(25.0%), 10만 원 이상(23.8%)의 순서로 나타났다. 조사 대상자의 승용차 보유율은 43.8%로 나타났으며, 설문조사 대상자의 사회경제적 특성 분석결과는 <Table 4>와 같다.

<Table 4> Survey Result of Socioeconomic Characteristic

Classification		Number of samples	Ratio	Classification		Number of samples	Ratio
Gender	Male	280	50.0%	Average monthly income (KRW)	Less than 5 hundred thousand	169	30.2%
	Female	280	50.0%		5~10 hundred thousand	70	12.5%
	Total	560	100.0%		1~1.49 million	65	11.6%
Age	20~29	80	14.3%		1.5~1.99 million	65	11.6%
	30~39	102	18.2%		2.0~2.49 million	57	10.2%
	40~49	84	15.0%		2.5~2.99 million	21	3.8%
	50~59	82	14.6%		3.0~3.49 million	45	8.0%
	More than 60	212	37.9%		3.5~3.99 million	41	7.3%
	Total	560	100.0%		More than 4 million	27	4.8%
	Total	560	100.0%		Total	560	100.0%
Transportation Vulnerable	Not applicable	320	57.1%	Average monthly charge of public transit (KRW)	Less than 10 thousand	10	1.8%
	Disabled person	5	0.9%		10~40 thousand	166	29.6%
	The elderly	212	37.9%		40~70 thousand	140	25.0%
	Pregnant woman	7	1.3%		70~100 thousand	111	19.8%
	Accompanying infant	16	2.9%		More than 100 thousand	133	23.8%
Total	560	100.0%	Total		560	100.0%	
Presence or absence of passenger car	Presence	245	43.8%				
	Absence	315	56.3%				
	Total	560	100.0%				

3) 지불의사 응답 분포

전체 응답자 560명 중 제시 금액에 대한 추가 지불의사가 없는 응답자는 1.3%이며, 모든 제시 금액과 상관없이 추가 지불의사가 없는 저항응답자는 42.3%로 나타났다. 각 제시금액에 대한 응답 분포는 <Table 5>와 같다.

<Table 5> Willingness to pay for first bid

First bid (KRW)	Yes-Yes		Yes-No		No-Yes		No-No		Protest Response	
	Number of samples	Ratio								
20	44	7.9%	9	1.6%	1	0.2%	0	0.0%	26	4.6%
40	19	3.4%	26	4.6%	2	0.4%	1	0.2%	32	5.7%
60	3	0.5%	32	5.7%	5	0.9%	0	0.0%	40	7.1%
80	0	0.0%	30	5.4%	11	2.0%	0	0.0%	39	7.0%
100	0	0.0%	34	6.1%	13	2.3%	0	0.0%	33	5.9%
120	0	0.0%	17	3.0%	26	4.6%	3	0.5%	34	6.1%
140	0	0.0%	19	3.4%	25	4.5%	3	0.5%	33	5.9%
Total	66	11.8%	167	29.8%	83	14.8%	7	1.3%	237	42.3%

Korea Development Institute(2012)에서는 예비타당성조사의 CVM 설문조사 부수를 1,000부로 권고하고 있다. 하지만 본 연구에서는 연구예산 제약으로 인하여 560명을 대상으로 조사를 수행하였다. 따라서 본 연구의 지불거부의사 분포와 기존 한국개발연구원에서 수행한 CVM 조사의 양분선택형 질문에 대한 지불거부의사 분포를 비교하였으며, <Table 6>과 같다. 지불의사가 0원이라고 답한 응답비율은 40-50% 정도였으며, 공공재의 성격에 따른 차이는 크지 않은 것으로 나타났다(Oh, 2011). 본 연구에서 지불의사가 0원이라고 답한 응답비율은 42.3%로 기존 CVM 관련 연구결과와 유사한 수준인 것으로 분석되었다.

<Table 6> Protest Responses in KDI CVM Studies

Type	Project	The Ratio of Zero-bid	The Ratio of PR Zero-Bids
SOC Redevelopment	A1	63.1%	36.8%
Science Facilities	B1(1st)	50.5%	15.7%
	B1(2nd)	53.8%	22.2%
	B1(3rd)	58.6%	21.8%
	B2(1st)	17.8%	13.2%
	B2(2nd)	52.8%	24.0%
	B2(3rd)	52.6%	24.3%
Ecological Resources	D3	50.5%	29.8%
Sports and Cultural Facilities	C1	57.8%	34.6%
	C2	46.7%	29.4%
	C3	51.3%	28.0%
	C4	44.3%	28.1%
	C5	36.8%	18.4%
	D1	46.7%	28.7%
	D2	57.0%	30.9%

source: Oh(2011) revise

제시금액에 상관없이 추가 지불의사가 없는 저항응답자는 전체 응답자 중 237명으로 42.3%를 차지하는 것으로 나타났다. 지불의사가 전혀 없는 이유 중 ‘이미 충분한 버스요금을 지불 있다’는 응답이 가장 많은 것으로 나타났으며, 저항응답자에 대한 추가 요금 지불거부 사유는 <Table 7>과 같다.

<Table 7> Reason for Protest Responses in the additional Willingness-to-Pay

Classification		Number of samples	Ratio
Total responder		560	100.0%
Protest Responder in the additional Willingness-to-Pay		245	43.8%
Resistance responses	No longer having the ability to pay more for the bus fare	37	6.6%
	Already paying enough bus fare	129	23.0%
	Not interested in introducing medium-sized low-floor electric bus	29	5.2%
	Not enough information to judge	40	7.1%
	Etc	3	0.5%
	Sub Total	238	42.5%

IV. 모형구축 및 추정결과

1. 모형구축

양분선택형 자료를 이용한 평균 WTP 산정시 상수항과 제시금액의 추정계수를 이용하게 된다. 하지만 공변량을 포함한 모형을 추정하게 되면 조사 자료에 대한 신뢰성 및 타당성을 검증해볼 수 있다. 모형 추정결과 통계적으로 유의할 것이라 예상했지만 유의하지 않은 경우도 발생할 수 있는데 이러한 경우 추정계수에 대한 부호의 방향성 정도만을 확인하는데 의미를 부여할 수 있다(Korea Development Institute, 2012). 이중양분선택형 모형은 계량경제 분석 프로그램인 NLOGIT Ver.5를 이용하여 구축하였다. 공변량을 포함한 모형 구축을 위하여 각 변수를 정의하였으며 이는 <Table 8>과 같다.

<Table 8> Definition of variables

Variables		Definition
Dependent Variable	Willingness to pay	0=No, 1=Yes
Independent Variables	Bid (KRW)	First: 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140 Second: 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 120, 160, 200, 240, 280
	Average Number of Feeder Bus Usage per Week	1=1~2 times, 2=3~4 times, 3=5~10 times, 4=More than 10 times
	Customer Satisfaction of Feeder Bus	1=Very dissatisfied, 2=Somewhat dissatisfied, 3=Neutral, 4=Somewhat satisfied, 5=Very satisfied
	Experience using a low floor bus	0=No, 1=Yes
	Gender	0=Female, 1=Male
	Age	1=20~29, 2=30~39, 3=40~49, 4=50~59, 5=More than 60
	Transportation Vulnerable or Not	0=No, 1=Yes
	Average monthly income (KRW)	1=Less than 5 hundred thousand, 2=5~10 hundred thousand, 3=11~1.49 million, 4=1.5~1.99 million, 5=2.0~2.49 million, 6=2.5~2.99 million, 7=3.0~3.49 million, 8=3.5~3.99 million, 9=More than 4 million
	Average monthly charge of public transit (KRW)	1=Less than 10 thousand, 2=10~40 thousand, 3=40~70 thousand, 4=70~100 thousand, 5=More than 100 thousand
Presence or absence of passenger car	0=Absence, 1=Presence	

2. 모형 추정결과

1) 공변량을 포함한 모형 추정결과

공변량을 포함한 모형 추정결과 제시금액만이 유의수준 1%에서 통계적 유의성을 확보하는 것으로 나타났으며, 나머지 변수들의 경우 통계적 유의성을 확보하지 못하는 것으로 분석되었다. 각 변수별 추정계수 부호의 방향성을 살펴보면 추가 지불 금액이 낮을수록 지불의사가 있는 것으로 나타났다. 마을버스 이용횟수에 따른 분석결과 일주일 평균 마을버스 이용횟수가 적을수록, 월평균 대중교통 요금이 낮을수록 추가 요금 지불의사가 있는 것으로 나타났다. 이용 만족도 측면에서는 현재 운행 중인 마을버스에 대한 이용 만족도가 낮을수록 중형 저상전기버스 도입에 따른 추가 요금 지불의사가 있는 것으로 나타났으며, 저상버스 이용경험이 있는 응답자들의 경우에도 추가 요금 지불의사가 있는 것으로 나타났다. 연령을 기준으로 살펴보면 나이가 적을수록 추가 요금 지불의사가 있는 것으로 나타났다. 성별을 기준으로 살펴보면 남성보다는 여성 응답자들이 추가 요금 지불의사가 있는 것으로 나타났다. 장애인, 임산부, 고령자와 같은 교통약자의 경우에는 추가 요금 지불의사가 있는 것으로 나타났고, 수입이 적은 사람에 비해서 높은 사람이 추가 요금 지불의사를 갖고 있는 것으로 분석되었다. 승용차 보유자의 경우에도 추가 요금 지불의사가 있는 것으로 나타났으며 모형 추정결과는 <Table 9>와 같다.

<Table 9> Estimation result on double bounded model (with covariates)

Variables	Coefficient	Standard Error	p-value
Constant	-.45935	.39099	.2401
Bid	-.01022***	.00096	.0000
Average Number of Feeder Bus Usage per Week	-.02243	.06200	.7175
Customer Satisfaction of Feeder Bus	-.00460	.07626	.9579
Experience using a low floor bus	.02615	.11309	.8171
Gender	-.00910	.10945	.9337
Age	-.00077	.05648	.9892
Transportation Vulnerable or Not	.00961	.18703	.9590
Average monthly income	.00685	.02810	.8075
Average monthly charge of public transit	-.00992	.06079	.8703
Presence or absence of passenger car	.02561	.12768	.8410
Summary Statistics			
Number of observations : 560			
Number of variables : 11			
Log likelihood function : -1182.40666			
Restricted log likelihood : -1259.63072			
McFadden Pseudo R-squared : 0.0613			

Note: ***significance level 0.01

2) 지불의사금액 모형 추정결과

중형 저상전기버스 도입에 따른 평균 WTP 추정을 위하여 척도모수인 상수항과 제시금액 이외의 공변량을 제외한 지불의사금액 추정모형을 구축하였다. 모형 추정결과 척도모수인 상수항과 제시금액 모두 유의수준 1%에서 통계적 유의성을 확보하는 것으로 분석되었다. 지불의사금액 모형의 척도모수를 통해 추정된 중

형 저상전기버스 도입에 따른 평균 WTP는 51.4(원/회·인)이며, 모형 추정결과는 <Table 10>과 같다.

<Table 10> Estimation result on WTP model

Variables	Coefficient	Standard Error	p-value
Constant (<i>a</i>)	-.52387***	.06598	.0000
Bid (<i>b</i>)	-.01019***	.00095	.0000

Summary Statistics
 Number of observations : 560
 Number of variables : 2
 Log likelihood function : -1182.63521
 Restricted log likelihood : -1259.63072
 McFadden Pseudo R-squared : 0.0611
 \overline{WTP} =51.4 (KRW)

Note: *** significance level 0.01

3) 중형 저상전기버스 도입효과

지불의사금액 모형을 통해서 추정된 평균 WTP를 이용하여 중형 저상전기버스 도입에 따른 효과를 분석하였다. 효과분석을 위하여 현재 경기도에서 운행 중인 마을버스가 중형 저상전기버스 교체되었음을 가정하여 그에 따른 도입효과를 추정하였다. 마을버스 이용객 자료의 경우 운송사업조합의 내부 자료로 이를 취득하기는 쉽지 않다. 따라서 본 연구에서는 Gyeonggi Research Institute(2014)에 제시된 2014년 3월 12(수), 3월 15(토) 자료를 이용하여 도입효과를 추정하였다. 해당 자료는 경기도의 각 시별 승객수를 별도로 제시하고 있지 않다. 따라서 해당 일자 경기도 전체 마을버스 승객 수를 기준으로 중형 저상전기버스 도입에 따른 편익을 추정하였다. 2014년 기준 경기도에서 운행 중인 마을버스를 중형 전기저상버스로 교체 운행할 경우 평일 약 5천만 원, 주말의 경우 약 4천만 원의 편익이 발생하는 것으로 분석되었으며, 추정결과는 <Table 11>과 같다.

<Table 11> Benefit Estimation Result of Introduction of Medium-sized Low floor Electric Bus in Gyeonggi Province

Classification	2014. 3. 12(WED)	2014. 3. 15(SAT)
\overline{WTP} (KRW/person)	51.4	51.4
Number of passengers	987,137	773,034
Total Benefit (KRW)	50,738,842	39,733,948

V. 결론 및 향후 연구과제

현재 지구촌 기후변화 대응 패러다임은 선진국 중심이 아닌 모든 국가가 참여하는 보편적 대응체제로 전환되었다. 이에 우리나라 또한 2030년까지 수송분야 온실가스 감축목표를 25.9백만톤으로 설정하였다. 세계 친환경 자동차 시장은 연평균 11.3% 성장하고 있으며, 전기차를 비롯한 친환경 자동차가 기존 내연기관차를 대체해 나가고 있다. 정부에서는 이러한 친환경 자동차 보급을 위하여 차량 구매 보조금 지급, 인센티브 제공, 세금감경, 충전시설 설치 지원 등 다양한 정책을 추진하고 있으며 2020년까지 자동차 등록대수의 10%를

친환경 자동차로 보급할 계획이다. 국내 교통부문에서 배출되는 온실가스는 대부분 도로에서 발생하며, 대표적인 대중교통 수단인 버스의 수담분담률은 승용차 다음으로 높은 것으로 나타났다. 따라서 버스로 인한 온실가스 감축을 위해서는 친환경 버스 도입에 대한 검토가 필요한 시점이다.

이미 대한민국 사회는 고령화 사회에 진입하였으며, 2026년 초 고령화 사회로 진입할 전망이다. 교통약자 중 고령자가 차지하는 비중이 가장 높으며, 향후 고령 인구의 증가로 이 같은 현상은 더욱 심화될 전망이다. 『제3차 교통약자 이동편의 증진계획(2017~2021)』에 따르면 2015년 기준 전체 인구 중 교통약자의 비율은 25.7%이며 교통약자 중 고령자 비중은 51.2%로 2010년 대비 약 4.4% 증가한 것으로 나타났고, 인구 고령화는 향후에도 지속적으로 될 것으로 전망된다. 정부는 교통약자 이동편의 증진의 일환으로 저상버스 보급 확대 정책을 시행 중에 있다. 2016년 현재 보급률 19%인 저상버스를 2021년까지 42%까지 확대 보급할 계획이며, 중형 저상버스 R&D 사업을 통하여 교통소외지역 및 지역적 한계를 가지고 있는 지역에 중형 저상버스를 도입할 계획이다. 이러한 계획의 일환으로 중소기업청에서는 기존 마을버스를 대체할 수 있는 중형 저상전기버스 구동시스템 개발 연구를 진행하고 있다. 이처럼 대중교통 부문 온실가스 저감과 교통약자의 이동편의 증진을 위해서는 중형 저상전기버스와 같은 신교통형 대중교통 수단에 대한 개발이 필요하며, 보급 활성화를 위한 지원 대책 마련 및 정책 수립이 필요한 시점이라고 판단된다.

본 연구에서는 수송부문 온실가스 저감 및 교통약자 이동편의 증진 대책의 일환으로 신교통형 대중교통 수단이라고 할 수 있는 중형 저상전기버스 도입에 따른 편익을 추정하였다. 이를 위하여 기존 마을버스를 중형 저상전기버스로 교체할 경우를 가정하여 추가 요금 지불의사를 조사하였다. 경기도 마을버스 이용자 560명을 대상으로 이중양분선택형 질문법을 통한 조사를 수행하였으며, 비시장가치 평가방법 중 하나인 조건부 가치측정법을 이용하여 지불용의액을 추정하였다. 해당 자료를 이용하여 지불용의액을 추정한 결과 평균 WTP는 51.4(원/회·인)이며, 2014년 기준 경기도 마을버스 이용자의 편익은 평일 약 5천만 원, 주말 약 4천만 원으로 추정되었다.

연구 진행 과정에서 도출된 한계점은 다음과 같다. 수도권을 대상으로 조사 자료를 수집하였지만 조사지역이 한정적이며, 예산 제약으로 인하여 서울특별시를 조사 대상에서 제외하였다. 따라서 향후 수도권 전체 지역을 대상으로 한 대규모 조사가 필요하며, 이를 통해 연구 결과에 대한 객관성을 확보할 수 있을 것으로 판단된다. 다음으로 평균 WTP와 마을버스 이용자 수만을 이용하여 중형 저상전기버스 도입에 따른 편익을 추정하였다. 중형 저상전기버스 도입에 따른 경제적 편익을 현실적으로 추정하기 위해서는 승하차 시간 절감 편익, 대기오염 절감편익, 차량 운행비용 절감편익과 같은 객관적이고 정량화된 편익 추정이 필요하며, 재정 지원 대책 마련을 위한 관련 법령 개정과 활성화 대책 수립 등이 필요할 것으로 판단된다.

ACKNOWLEDGEMENTS

본 연구는 2017년도 World Class 300 프로젝트 지원(R&D) 사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

REFERENCES

- Choi J. Y. and Yu J. H.(2013), "Estimation of VMS Traffic Information Value Using Contingent Valuation Method," *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 12, no. 3, pp.42-52.
- Do M. S. and Kim Y. S.(2012), "Estimation of Willingness to pay Realtime Route Guidance

- Information by Contingent Valuation Method,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 11, no. 5, pp.46-55.
- Gyeonggi Research Institute(2014), *A Study on the Improvement of Feeder-Bus Fare System*.
- Kim W. C. and Namgung M.(2015), “A Study on Fare Estimation for Demand Responsive Transport,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 14, no. 1, pp.103-111.
- Korea Development Institute(2012), *A Study improvement for Contingent Valuation Method Analysis Guidelines for Preliminary Feasibility Study*.
- Korea Transport DataBase(2017), *2016 National Transport Statistics(Domestic)*.
- KOSIS, <http://kosis.kr>, 2017.12.29.
- KOTEMS, <https://www.kotems.or.kr>, 2017.12.29.
- Kum K. J., Min K. T., Lim W. T., Wang Y. W. and Yu J. S.(2006), “A Study on Value Evaluation of Mobile Traffic Information Provis Improvement - Based on Contingent Valuation Method,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 5, no. 2, pp.29-43.
- Lee E. E. and Kim J. J.(2004), “Estimation of value of freeway traffic information using Contingent Valuation Method,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 3, no. 2, pp.55-68.
- Lee Y. J., Do M. S., Jang T. Y. and Han D. S.(2015), “Comparative Analysis of Calculation Methods on Willingness to Pay for Introduction of Emergency-call System,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 14, no. 6, pp.50-59.
- Ministry of Environment(2015), *Eco-friendly Car*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport & Korea Transportation Safety Authority(2015), *Survey of public transportation status in 2015*.
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport(2017.3.21), *Improvement of passenger ship, bus stop, terminal facilities for transportation vulnerable convenience*, Press Releases.
- MOLIT STATISTICS SYSTEM, <http://stat.molit.go.kr>, 2017.12.29.
- Office for Government Policy Coordination Prime Minister’s Secretariat(2016.12.6), *Mid-to long-term strategy and policy direction for effective climate change response at the national level in accordance with the launch of the new climate system*, Press Releases.
- Oh H. N.(2011), “Detecting Protest Responses,” *KDI Journal of Economic Policy*, vol. 34, no. 1, pp.135-168.
- United States Census(2016), *An Aging World: 2015*.
- Yeon B. M., Hong J. Y., Lee S. B., Lim J. B. and Moon B. S.(2010), “Value Analysis of User Satisfaction by VMS Traffic Information Using Contingent Value method,” *The Journal of The Korea Institute of Intelligent Transport Systems*, vol. 9, no. 2, pp.12-22.