

Research Paper

조건부가치측정법을 이용한 야생동물 교통사고 예방사업의 경제적 가치 추정

이남형* · 박상수* · 배인철** · 이충기***

고려대학교*, 한국도로공사**, 한국방송통신대학교***

Contingent Valuation of Wildlife-Vehicle Collision Prevention Projects

Namhyung Lee* · Sang Soo Park* · Inchul Bae** · Chung-Ki Lee***

Korea University*, Korea Expressway Corporation**, Korea National Open University***

요약 : 고속도로 망의 지속적인 확장과 교통량 증대로 인해 고속도로에 인접하여 서식하는 야생동물의 생활권은 축소되거나 단절된다. 이는 먹이를 찾거나 번식지로 이동하는 야생동물들의 교통사고 가능성을 높인다. 야생동물 교통사고는 운전자의 안전 및 도로 시설의 위험 요소일 뿐만 아니라 야생동물 자체의 생명에도 위협이 된다. 야생동물의 서식지 분절을 막기 위한 다양한 방법 중 생태통로와 야생동물 유도 울타리가 대표적이다. 이러한 야생동물 교통사고 예방사업의 시설 설치비용은 명확하게 측정되지만, 편익의 경제적 가치를 측정하기는 어렵다. 본 연구에서는 조건부가치측정법을 사용하여 고속도로 상의 야생동물 교통사고 예방사업의 경제적 가치를 추정하였다. 추정결과에 따르면, 우리나라 전체 가구의 약 43.88%가 이 사업에 대한 양(+)의 지불의사를 가진 것으로 나타났다. 이와 더불어 환경문제의 인식이나 동 사업에 대한 사전 인지 정도가 높을수록 지불의사 확률과 지불의사액이 높아지는 것이 확인되었다. 따라서 해당 사업에 대한 적극적인 홍보는 야생동물 교통사고 예방사업에 긍정적인 여론을 형성하고, 동 사업에 양(+)의 금액을 지불할 의사가 있는 가구를 늘리는 데 기여할 수 있을 것으로 보인다.

주요어 : 야생동물교통사고, 생태통로, 조건부가치측정법

Abstract : With the continuous expansion of highway network and its traffics, neighboring wildlife habitats are splitted into smaller and more isolated patches. The infrastructures contribute to the wildlife-vehicle collision by creating barriers to animal movement. This kinds of traffic accidents are dangerous factors to the drivers' safety and the facilities on the highway as well as to the wildlife themselves. One of the most common ways to prevent habitat fragmentation are fauna crossings and fences. The cost of the mitigation measures to prevent wildlife-vehicle collision could be monetized. However their economic benefits are difficult to be measured. Using contingent

First Author: Namhyung Lee, Department of Economics, Korea University, E-mail: marginalman@korea.ac.kr

Corresponding Author: Chung-Ki Lee, Department of Economics, Korea Open University, Tel: +82-3668-4613, E-mail: cklee415@knou.ac.kr

Co-Authors: Sangsoo Park, Department of Economics, Korea University, E-mail: starpac@korea.ac.kr

Inchul Bae, Korea Expressway Corporation, E-mail: icbae@ex.co.kr

Received: 10 August, 2015. Revised: 11 January, 2016. Accepted: 12 January, 2016.

valuation method, this study tries to estimate the economic valuation of wildlife collision prevention projects on the Korean highways. The result shows that 43.88% of Korean household had the positive willingness pay to the projects. Moreover, we found that the recognition of the project or the favourable attitude to the environmental issues could raise the willingness-to-pay. Therefore, active public relation on the project could make the friendly public opinion and increase the number of the household which has the positive willingness-to-pay on the project.

Keywords : Wildlife-Vehicle Collision, Eco Corridor, Contingent Valuation Method

I. 서론

고속도로 망의 지속적인 확장과 교통량 증대로 인해, 고속도로에 인접하여 서식하는 야생동물의 생활권은 축소되거나 단절되는 서식지 분절(habitat fragmentation)을 겪게 된다. 야생동물은 좁은 서식지를 벗어나 먹이를 찾거나 번식지로 이동해야 하는데, 이러한 행동은 야생동물 교통사고(wildlife-vehicle collision)의 가능성을 높인다. 야생동물 교통사고는 운전자의 안전 및 도로 시설의 위험 요소일 뿐만 아니라 야생동물 자체의 생명에도 위협이 된다.¹⁾

2004년-2007년간 한국도로공사의 고속도로 23개 노선 1km 당 야생동물 교통사고는 평균 3.02.2마리였다(Korea Expressway Corporation 2008). 2008년 한 해 동안 고속도로 상에서 발생한 야생동물 교통사고는 총 2,286건이었는데, 이후 2009년에는 1,895건으로 감소하였으나, 2010년 이후 최근 5년간 2,000여 건을 다소 상회하는 수준을 유지하고 있다.²⁾ 2008년부터 2012년까지의 피해 개체를 보면 고라니가 79.7%로 가장 높은 비중을 차지하고 있으며, 너구리(*Nyctereutes procyonoides*)(12.7%), 멧토끼(*Lepus sinensiscoreanus*)(3.1%), 삿(*Felis bengalensis manchurica*)(1.2%) 순이었다(Lee et al. 2014).

해외 연구를 보면 전국을 대상으로 한 장기 연구보다 제한된 지역 또는 제한된 종에 대한 단기 연구가 대다수를 차지한다.³⁾ 이 중 전국 단위의 연구가 일부나마 있는데, 미국의 경우 연간 100만-200만 마리의 포유류가, 캐나다의 경우 연간 4만 5천 마리의 포유류가 교통사고를 당하는 것으로 추정된다(Conover et al. 1995; L-P Tardif & Associates Inc 2003; Huijser et al. 2007). 단일 종에 대한 연구로는 미국

의 경우 사슴(*Odocoileus spp.*)과의 교통사고가 연간 150만 건 발생하고 이 중 200건 이상은 사람이 사망하고, 29,000건 이상이 부상을 입은 인명사고를 유발하였으며, 이로 인한 재산상의 피해는 대략 10억 달러 이상으로 추산된 바 있다(Conover 1997).⁴⁾

야생동물의 서식지 분절을 막기 위한 최선책은 도로 설계단계에서 이러한 문제를 고려하는 것이다. 하지만 분절을 피할 수 없는 경우 야생동물 이동을 보장하기 위한 약 40여 종의 방법이 도입되었다. 생태통로, 야생동물 유도 울타리, 야생동물 보호표지판, 야생동물 이동 탐지 시스템, 중성화, 재이주 등이 대표적인 방법이다(Iuell et al. 2003; FHWA 2008; Mastro et al. 2008).

이 중 생태통로는 도로 등으로 분단된 두 지역을 연결하는 것으로 육교형(overpass)과 터널형(underpass)으로 나뉘며, 야생동물 교통사고 예방으로 인한 운전자 및 야생동물의 안전성 제고뿐만 아니라, 야생동물의 이동로 제공, 천적 및 대형 교란 생물로부터의 피난처 제공, 단편화된 생태계의 연결, 기온 변화에 대한 저감효과, 교육적·위락적·심미적 가치 제고 등의 역할을 한다(Iuell et al. 2003; FHWA 2008; Ministry of Environment 2010). 유

- 1) 도로를 비롯하여 철도 및 다른 육상 교통수단이 생태계에 미치는 영향에 대한 전반적인 영향에 대해서는 Spellerberg (1998)의 문헌 정리를 참고할만 하다.
- 2) 2010년 2,069건, 2011년 2,307건, 2012년 2,209건, 2013년 2,188건이었다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2014).
- 3) Beckmann et al. (2012)은 고속도로 상의 야생동물 교통사고 문제에 관한 개괄적인 접근에 대해 다루고 있다.
- 4) 포유류 이외 양서류, 파충류, 조류 등의 야생동물 교통사고에 관한 국가별 비교에 대한 관련 연구 정리는 Huijser et al.(2009)의 서론을 참고하면 된다.

도올타리는 야생동물의 도로 내 진입을 방지하고 안전한 탈출로 또는 생태통로로 유도하기 위해 설치된다. 상대적으로 더 낮은 비용이 드는 대안으로 보호 표지판 설치 등이 있으나, 생태통로와 유도올타리 설치가 가장 성공적인 성과를 낼 수 있는 수단으로 알려져 있다(Damarad & Bekker 2003; Iuell et al. 2003).⁵⁾

우리나라는 2007년 환경부가 야생동물 로드킬 예방관리 대책을 수립하고, 생태통로 설치 세부 추진계획을 시행토록 함과 동시에, 신규도로 건설시 환경성평가를 실시하여 야생동물 서식지를 우회하거나 관련 야생동물의 특성을 고려하여 생태통로를 설치하도록 하였다(Ministry of Environment 2007).

한국도로공사는 야생동물 교통사고 피해를 줄이기 위하여 2001년도부터 고속도로 상에 생태통로, 유도올타리와 같은 기타 보조시설을 설치하기 시작하였다. 그 결과 도로 1km당 2005년 최대 1.14건이던 고속도로 동물 사고사는 2010년 이후 약 0.6건 수준으로 감소하였다. 2013년 현재 생태통로는 육교형 20개, 터널형 38개, 기타 6개로 총 64개, 유도올타리는 총 연장 1,418km가 설치되어 있다(Korea Expressway Corporation 2014). 일반 국도의 경우 2015년 현재 총 176개소(육교형 45개소, 터널형 131개소)의 생태통로와 총연장 43,795km(178개소)의 유도올타리가 설치되어 있다(Ministry of Land, Infrastructure and Transport 2015).

생태통로 설치가 활발히 이루어지고 있는데 반해 생태통로의 경제적 가치에 관한 연구는 사례를 찾기 힘들다. 생태통로 건설의 비용은 계산이 가능한 반면, 이로 인해 사고를 피한 생물종의 경제적 가치를 추정하기는 어렵기 때문이다. 이런 점을 감안하여 생물종의 가격을 산정하여 편익을 추정하는 연구가 주로 진행되었다.⁶⁾

그러나 이러한 방식은 야생동물 교통사고 예방사업의 경제적 가치를 시장 기구에 의해 정확히 반영하고 있다고 보기 어렵다. 따라서 조건부가치측정법(contingent valuation method) 등의 직접적 가치 추정 방법을 이용하여 생태가치를 화폐화하여야 하나, 실제로 이 같은 방식을 이용하여 생태통로의 비

용편익 분석을 한 사례도 많지 않다. 미국의 경우, Netusil(2006)이 미국 오레건주 포틀랜드 시 광역권의 강변 생태통로와 야생동물 거주지의 경제적 가치를 헤도닉 가격기법을 이용하여 추정한 바 있다. 국내 연구로는 Lee & Choi(2013)가 있다. 이들은 1,000명을 대상으로 설문조사한 자료를 이용하여, 우리나라 가구의 고속도로 야생동물 교통사고 방지 대책으로 생태통로, 유도올타리, 경고판에 대한 가구당 지불의사액을 추정하였다.

본 연구는 기존 연구와 달리 야생동물 교통사고 예방시설 설치를 한국도로공사가 관리하는 고속도로 상으로 한정하였다. 따라서 설문조사의 응답자로부터 보다 구체적인 지불의사를 유도할 수 있었다. 또한 환경친화성과 사업인지도의 두 변수를 이용하여 지불의사액의 변화를 추정함으로써 정책적 활용도를 높였다.

이하 본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 추정 모형, 설문 조사 설계 및 기초 통계량 등의 연구 방법을 설명하였고, III장에서는 계량 모형을 이용하여 평균 지불의사액에 영향을 미치는 요인을 분석하고, 야생동물 교통사고 예방사업에 대한 사회적 지불의사액을 도출하였다. 나아가 환경 문제에 대한 적극적 태도와 동 사업에 대한 인식이 높아졌을 때, 지불의사액의 변화가 어떻게 나타나는지 추정해보았다. 그리고 이를 토대로 정책적 시사점을 논의하였다. 마

5) 북미의 경우, 캐나다 밴프 지역의 2개소, 미국 노스캐롤라이나 주의 워싱턴 카운티, 유타주에 설치된 생태통로의 효과성에 대한 조사가 확인되었다(FHWA 2008; Clevenger et al. 2009; McCollister & Manen(2010); Bissonette & Rosa 2012). 국내의 경우, Choi et al.(2008)에 따르면 26건의 생태통로 관련 연구보고서를 중복 분류하였는데, 이중 현장 모니터링이 보고된 것은 8건(사후 반복조사 2건, 1회성 사후 현장조사 6건)이었다. 고속도로 상의 유도올타리의 효과와 개선 방안에 대한 연구로는 Song et al.(2011)이 있다.

6) Shiwiff et al.(2007)는 미국 플로리다주 조나단 디킨슨 주립 공원의 양서류 및 파충류 교통사고를 4년간 관찰하고 각 생물종의 불법포획에 대한 벌금을 해당 생물종에 대한 가격으로 설정하여 사고 감소 편익을 추정하였다. Huijser et al.(2009)은 생태통로 설치로 인한 유제류의 교통사고 감소 편익을 운전자와 탑승자의 사망 또는 부상 감소, 파손된 차량의 견인 및 수리비용의 절감 등으로 추정하였다.

지막 IV장은 결론으로 본 연구의 내용을 요약하고 정리하였다.

II. 연구방법

1. 지불의사액 추정 모형과 이용

지불의사액을 추정하기 위해 사용한 모형은 Park et al.(2014)에서 이용한 이분산을 허용한 로지스틱 오차 분포 모형이다. 야생동물 교통사고 예방 수단이 없을 때의 경제 주체의 효용수준을 가법적 임의 효용 모형(additive random utility model)을 도입하여 $U_0(m, w, \varepsilon_0) = g_0(m) + h_0(w) + \varepsilon_0$ 이라고 하고 예방 수단이 존재하는 경우의 효용수준을 $U_1(m, w, \varepsilon_1) = g_1(m) + h_1(w) + \varepsilon_1$ 라고 하자. 여기서 m 은 소득, w 는 소득을 제외한 $k-2$ 개의 가구 특성 변수, ε 은 관측되지 않는 오차항을 말한다.

생태통로의 도입에 따른 보상변화(compensating variation) CV 는 $U_1(m - CV, w, \varepsilon_1) = U_0(m, w, \varepsilon_0)$ 또는 $g_0(m) - g_1(m - CV) = h_1(w) - h_0(w) + \varepsilon_1 - \varepsilon_0$ 를 만족하는 값으로 정의되고 경제 주체들의 지불의사비용(willingness-to-pay) WTP 는 $WTP = \max\{CV, 0\}$ 과 같이 정의된다. Park et al.(2014)는 소득의 한계 효용이 엄격하게 체감(strictly diminishing)한다는 가정 하에 h_0 과 h_1 을 소득의 이차함수로 근사하고 h_0 과 h_1 은 w 의 1차 함수로 근사하여 CV 에 대해 다음과 같은 모수적 모형을 제안하였다.

$$CV = \beta_0 + \beta_1 m + \beta_2 m^2 + \beta_3 w_1 + \dots + \beta_k w_{k-2} + \varepsilon (= \mu(x) + \varepsilon) \quad (1)$$

여기서 x 는 m 과 w 를 간단히 표기한 것이다. 오차항 ε 에 대해 조건부 로지스틱 분포를 가정하면 지불의사비용을 추정하는 데에 일반적으로 이용하는 모형이 된다.⁷⁾ 하지만 Park et al.(2014)는 ε 의 조건부 분포에 대하여 다음과 같이 이분산을 허용하는 로지스틱 분포를 가정하였다.

$$\Pr[\varepsilon \leq sm, w] = 1/[1 + \exp(-s/\sigma(x))]$$

스케일 파라미터 에 대해 다음과 같이 가정하였다.

$$\ln \sigma(x) = \gamma_0 + \gamma_1 + \dots + \gamma_r x_r \quad (2)$$

이로부터 가구 특성 변수 x_i 를 갖는 가구의 CV 는 평균 $\mu(x_i)$, 스케일 파라미터 $\sigma(x_i)$ 인 로지스틱 분포를 갖게 되고 WTP 는 0 이하가 절단된(censored), 평균 $\mu(x_i)$, 스케일 파라미터 $\sigma(x_i)$ 인 로지스틱 분포를 따른다.⁸⁾ Park et al.(2014)에서와 같이 WTP 의 조건부 평균 및 0 이상의 WTP 를 가질 조건부 확률은 다음과 같다.

$$E[WTP | x_i] = \mu(x_i) - \sigma(x_i) \ln(\Pr[WTP > 0 | x_i]) \\ = \sigma(x_i) \ln(1 + \exp(\mu(x_i)/\sigma(x_i))) \quad (3)$$

$$\Pr[WTP > 0 | x_i] = \Pr[CV > 0 | x_i] \\ = \frac{\exp(\mu(x_i)/\sigma(x_i))}{1 + \exp(\mu(x_i)/\sigma(x_i))} \quad (4)$$

식 (3)과 (4)는 조건부 평균과 조건부 확률이므로 이들을 x 에 대해 평균을 하면 비조건부 평균과 확률을 구할 수 있다. 즉,

$$E[WTP] = E[E[WTP | x]], \quad (5)$$

$$\Pr[WTP > 0] = E[\Pr[WTP > 0 | x]] \quad (6)$$

여기서 $E[WTP]$ 와 $\Pr[WTP > 0]$ 는 각각 가구 특성을 모를 때 임의의 가구의 WTP 의 평균값과 이 가구가 양(+) WTP 를 가질 확률, 즉 생태통로를 도입하는 것이 만족수준이 더 높다고 생각하는 가구의 비율을 말한다. $E[WTP]$ 에 사회 전체의 가구 수를 곱하면 사회 전체의 총 WTP 를 구할 수 있다.

추정에는 최우추정법(maximum likelihood estimation method)을 이용하였다. 개별가구 i 는 설문에서 제시된 금액 $A_i (> 0)$ 에 대해 지불하겠다는 답을 하거나 지불하지 않겠다는 답을 하게 된다. i 가 A_i 를 지불하지 않겠다는 답을 한 경우 단 1원도 지불할 의사가 없는지를 다시 묻는다. 따라서 i 는 주어진 A_i 를 지불할 의사가 있거나($I_i^y = 1$, 즉 $WTP_i = CV_i \geq A_i$), A_i 까지 지불할 의사는 없지만 0원을 초과하는 어떤

7) 예컨대, Lee & Choi(2013)의 식 (5)는 동 모형이 본 연구의 식 (1)에 $\beta_1 = \beta_2 = \dots = \beta_k = 0$ 를 가정한 특수한 경우임을 말해준다.

8) 따라서 WTP 는 0에서 확률질량(probability mass)을 갖는 스파이크 모형(spike model)을 따르게 된다.

금액을 지불할 의사가 있거나($I_i^{NY} = 1$, 즉 $0 < WTP_i = CV_i < A_i$), 아니면 1원도 지불할 의사가 없을($I_i^{NY} = 0$, 즉 $CV_i \leq WTP_i = 0$) 수가 있다. 각각의 경우에 대한 조건부 확률은 아래와 같다.

$$\Pr[I_i^Y = 1] = 1 - \left[1 + \exp \frac{\mu(x_i) - A_i}{\sigma(x_i)} \right]^{-1} \quad (7)$$

$$\Pr[I_i^{NY} = 1] = 1 - \left[1 + \exp \frac{\mu(x_i) - A_i}{\sigma(x_i)} \right]^{-1} - \left[1 + \exp \frac{\mu(x_i)}{\sigma(x_i)} \right]^{-1} \quad (8)$$

$$\Pr[I_i^{NV} = 1] = 1 - \left[1 + \exp \frac{\mu(x_i) - A_i}{\sigma(x_i)} \right]^{-1} \quad (9)$$

따라서 모수 $\beta = (\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k)$ 와 $\gamma = (\gamma_0, \gamma_1, \dots, \gamma_r)$ 에 대한 i 의 특성변수벡터 x_i , i 에게 제시된 제시금액 A_i , 그리고 A_i 에 대한 i 의 응답 ($I_i^Y, I_i^{NY}, I_i^{NV}$)을 이용해 구한 로그우도함수는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \mathcal{L}(\beta, \gamma) = & \sum_{i=1}^n I_i^Y \ln(\Pr[I_i^Y = 1]) \\ & + I_i^{NY} \ln(\Pr[I_i^{NY} = 1]) + (1 - I_i^{NY}) \ln(\Pr[I_i^{NV} = 0]) \end{aligned} \quad (10)$$

위의 로그우도함수를 최대화하는 최우추정량(maximum likelihood estimator) $\hat{\beta} = (\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k)$, $\hat{\gamma} = (\hat{\gamma}_0, \hat{\gamma}_1, \dots, \hat{\gamma}_r)$ 을 구하고, 점근적 특성을 이용하여 신뢰구간을 정하고 통계적 가설 검정을 하였다.

$\hat{\beta}$ 와 $\hat{\gamma}$ 를 추정하면 이를 식 (1)의 $\mu(x)$ 와 식 (2)의 $\sigma(x)$ 에 대입해, 주어진 x 에 대해, $\hat{\mu}(x)$ 와 $\hat{\sigma}(x)$ 를 구할 수 있고 이들을 다시 식 (3)과 (4)에 대입해 $\Pr[WTP > 0 | x]$ 과 $E[WTP | x]$ 의 추정값 $\Pr[\widehat{WTP} > 0 | x]$ 과 $E[\widehat{WTP} | x]$ 을 구할 수 있다. WTP 의 비조건부 평균과 0 이상의 WTP 를 가질 비조건부 확률의 추정값(이를 각각 $E[\widehat{WTP}]$ 과 $\Pr[\widehat{WTP} > 0]$)은 식 (5)와 (6)의 sample analogue를 이용해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\Pr[\widehat{WTP} > 0] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \Pr[\widehat{WTP}(x_i) > 0] \quad (11)$$

$$E[\widehat{WTP}] = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E[\widehat{WTP}(x_i)] \quad (12)$$

그리고 사회 전체의 기대지불의사액($E[Total WTP]$)은 다음과 같이 추정할 수 있다. 여기서 N 은 총 가구 수이다.⁹⁾

$$E[Total \widehat{WTP}] = N \cdot E[\widehat{WTP}] \quad (13)$$

만일 식 (1)과 식 (2)에서 $\mu(x) = \mu$ 와 $\sigma(x) = \sigma$ 라고 가정하고 (즉, CV 가 비조건부 동분산 로지스틱 분포를 따른다고 가정하고) $\mu/\sigma = \alpha$, $\sigma = 1/b$ 로 나타내면 식 (3)은 $E[WTP | x] = E[WTP] = \sigma \ln(1 + \exp(\mu/\sigma)) = \frac{1}{b}(1 + \exp(\alpha))$ 가 되어 CVM에서 흔히 이용하는 지불 의사액 추정식이 되며 $\frac{1}{b}(1 + \exp(\hat{\alpha}))$ 가 $E[WTP]$ 의 추정량이 된다. 하지만 또는 중의 어느 하나라도 공변량의 함수라면 가 아니라 식 (12)를 이용하여 $E[WTP]$ 를 추정하여야 하며 이 경우 식 (12)를 이용해 구한 평균 지불의사액 추정값과 $\frac{1}{b}(1 + \exp(\hat{\alpha}))$ 로 구한 평균지불 의사액 추정값은 일반적으로 다르다(Park & Kim 2016).

2. 설문조사 설계

조건부가치측정법은 가장 널리 사용되고 있는 환경재에 대한 공공의 지불의사액 추정 방법이다. 정교하게 설계한 설문지를 통해 생태통로 사업에 대한 지불의사액을 측정하여 보상수요곡선과 한계편익을 도출할 수 있다.

본 연구에서는 양분선택형 질문법(dichotomous choice question)을 사용하였다. 응답자가 대답하기 용이하여 응답률이 높고, 출발점 편의(starting point bias)나 설문조사원 편익에 의한 영향이 적으며, 비합리적 지불의사가 발생할 가능성이 적고, 응답자의 전략적 행위를 줄일 수 있기 때문이다.

사전조사(pretest)를 시행한 후 초기 제시금액을 결정하였으며, 소득세에 부과되는 야생동물 교통사고 예방기금을 지불수단으로 사용하여 가상성 편익

9) 본문에서 언급한 $E[WTP]$, $\Pr[WTP > 0]$, $E[Total WTP]$ 이외에도 $E[WTP | WTP > 0]$ (양의 지불의사액을 가진 가구들만의 평균 지불의사액)도 관심의 대상일 수 있다. 지불의사액은 양의 값을 갖거나 0의 값을 가지므로 $E[WTP] = E[WTP | WTP > 0] \cdot \Pr[WTP > 0]$ 이 성립한다. 따라서 $E[WTP | WTP > 0]$ 은 $E[WTP]/\Pr[WTP > 0]$ 과 같이 구할 수 있다. 한편 $E[WTP | WTP > 0]$ 를 $E[E[WTP | WTP > 0, x]] = E\left[\frac{E[WTP | x]}{\Pr[WTP > 0 | x]}\right]$ 와 같이 계산하여서는 안된다. $E[WTP | WTP > 0] = E[E[WTP | WTP > 0, x] | WTP > 0]$ 이다.

를 제거하였다.

설문조사는 전문기관인 (주)리서치 프라임에 의뢰하여 2011년 6월 15일부터 6월 30일까지 2주간 제주도를 제외한 전국 1,400가구를 대상으로 진행하였다.¹⁰⁾ 전국가구조사를 토대로 특별시 및 광역시와 도 단위 지역별 가구 수 비율에 따라 표본 수를 정하고 무작위 추출하여 표본설계를 했다.

조사자가 추출된 표본 가구를 일대일 개별방문하여 야생동물 교통사고 현황과 예방 사업의 효과를 설명하고 관련 사진을 보기자료로 제시한 후, 사전조사를 토대로 작성된 10단계의 금액 중 하나를 무작위로 응답자에게 제시하였다(Table 1, 부록). 이에 대해 지불의사가 있는 경우 최대 지불의사금액을 개방형으로 다시 질문하고 양의 지불의사가 있는 이유를 물었다. 만약 제시금액에 지불의사가 없는 경우 양의 지불의사가 있는지 다시 확인하였고, 전혀 지불의사가 없는 경우 그 이유를 확인하였다. 만약 제시금액에 대해서는 지불을 거부하였지만, 양의 지불의사가 있는 것으로 확인된 경우 최대 지불의사 금액을 개방형으로 질문하고, 역시 양의 지불의사가 있는 이유를 질문하였다. 이후 분석에서는 가구소득 질문에 응답하지 않은 2개를 제외한 1,398가구의 자료를 사용하였다.

3. 설문 자료 분석

표본이 모집단을 잘 대표하는 지 알아보기 위해 두 집단의 연령과 소득 분포를 비교하였다. 응답자의 연령 및 연간 가구 소득분포는 통계청의 전국 가구조사 결과와 비교하여 세부적으로는 다소 차이가 났으나, 전반적으로는 대표성을 확보하고 있다고 볼 수 있다.

응답자 표본과 모집단의 연령 분포를 비교해보면, 표본은 모집단에 비해 45세~49세의 연령대의 비중이 다소 높고 30세~34세의 비중이 다소 낮으나 전반적으로 보아 모집단의 특성을 충분히 대표한다고 볼 수 있다(Figure 1).

두 집단의 소득 분포를 비교하기 위해, 모집단의 소득 통계는 통계청의 전국 2인 이상 가구의 소득 구간별 가계수지 자료를 연간 소득으로 환산한 자료를 사용하였다. 설문조사의 소득 구간은 가계수지 자료의 소득 구간과 다소 차이가 난다. 설문조사의 소득 구간이 더 조밀하였기 때문에, 설문조사 시 응답한 소득 구간의 중간값을 기준으로 가구 소득을 구성하였다. 표본은 모집단에 비해 가구 소득 2400만원~3500만원 미만의 비중이 다소 낮고, 7200만원 이상의 비중이 약간 높지만, 전반적으로 보아 표본이 모집단에 대한 대표성을 확보한다고 볼 수 있다

10) 기초통계량은 1,400가구를 대상으로 작성하였으며, 지불의사액에 대한 분석은 가구소득 질문에 응답하지 않은 두 가구를 제외한 1,398가구를 사용하였다.

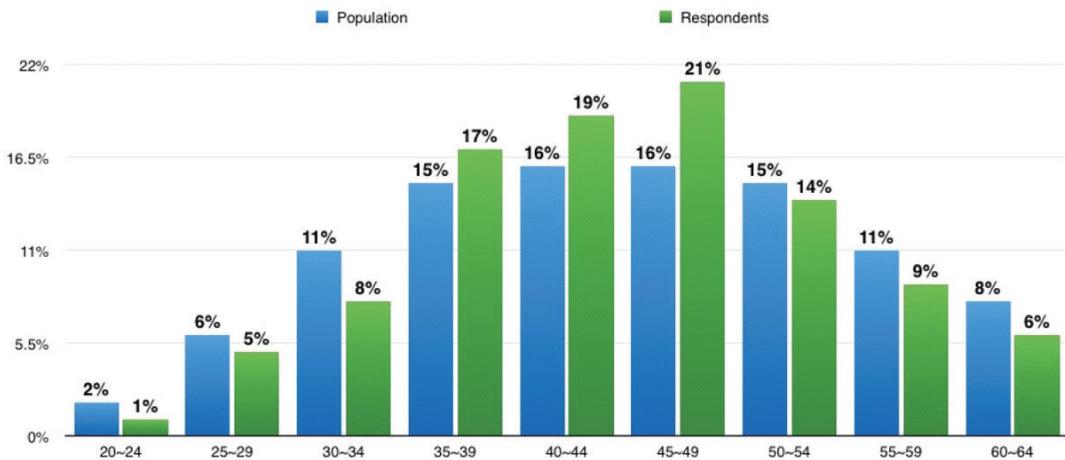


Figure 1. Age distribution of respondents and population

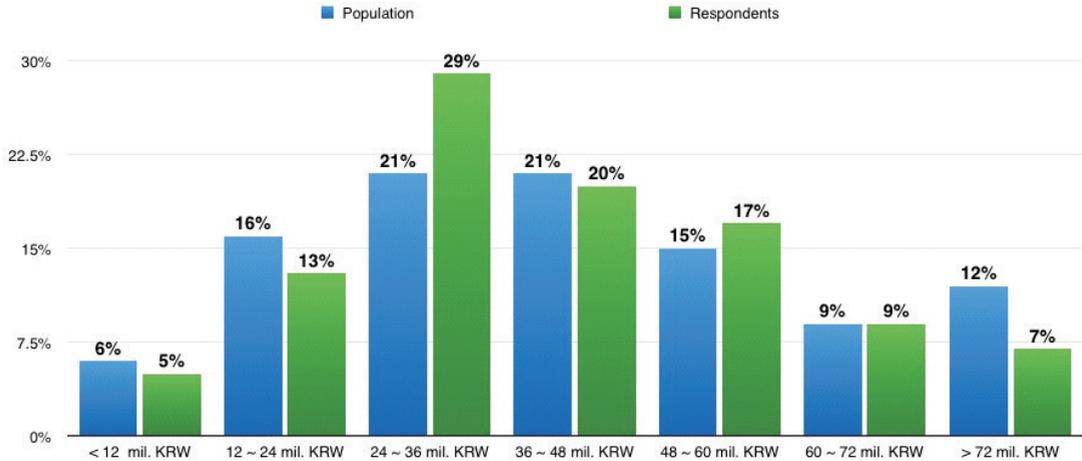


Figure 2. Household income(yearly) distribution of respondents and population

Table 1. Number of Respondents on Suggested Price and on Willingness-To-Pay

Suggested Price	Having WTP more than suggested price ($I_i^Y = 1$)	Having WTP less than suggested price ($I_i^{NY} = 1$)	No Having WTP ($I_i^{NY} = 0$)	Subtotal
1,000KRW	82 (5.86)	2 (0.14)	56 (4.00)	140 (10)
2,000KRW	59 (4.21)	10 (0.71)	71 (5.07)	140 (10)
3,000KRW	45 (3.21)	17 (1.21)	78 (5.57)	140 (10)
5,000KRW	38 (2.71)	24 (1.71)	78 (5.57)	140 (10)
7,000KRW	32 (2.29)	34 (2.43)	74 (5.29)	140 (10)
8,000KRW	34 (2.43)	23 (1.64)	83 (5.93)	140 (10)
10,000KRW	35 (2.50)	22 (1.57)	83 (5.93)	140 (10)
15,000KRW	16 (1.14)	39 (2.79)	85 (6.07)	140 (10)
20,000KRW	16 (1.14)	36 (2.57)	88 (6.29)	140 (10)
30,000KRW	14 (1.00)	43 (3.07)	83 (5.93)	140 (10)
Total	371 (26.50)	250 (17.86)	779 (55.64)	1400 (100)

Units: Persons(%)

(Figure 2).

설문에 응한 가구의 44.36%가 양(+의) 지불의사가 있는 것으로 나타났다. 세부적으로는 제시금액 또는 그 이상을 지불하겠다는 응답이 26.5%였으며, 제시금액만큼은 아니지만 지불의사가 있다는 응답이 17.86%였다. 지불의사가 있는 가구의 약 62%가 환경과 관련된 이유를 선택하였으며, 약 38%는 운전자의 안전을 이유를 선택하였다.¹¹⁾ 지불의사가 없는 이유로 가장 높은 것은 세금으로 사업을 추진해야 한다가 가장 많은 61%였으며, 생태통로 등의 설치가 자신에게 가치가 없다거나 다른 개선 사업이 더 시급하

다는 이유는 18%였다. 이미 생태통로 등의 설치 및 유지가 충분하다는 이유는 8%에 불과하였다.¹²⁾

제시금액에 따른 지불의사를 살펴보면, 제시금액이 1,000원으로 가장 낮을 때, 지불의사를 밝힌 응답자가 82명으로 가장 많았으며, 제시금액이 높아질수록 대체로 지불의사 비율이 낮아지는 것으로 나타났다(Table 1). 이는 야생동물 교통사고 예방사업에 대

11) 세부적으로는 사고 동물 종의 보호를 위해서 43%, 막연하지만 생태계 보호차원에서 18%, 고속도로 미관 유지를 위해서 1%였다.

12) 이외에 고속도로를 이용하는 사람이 내야한다 10%, 가장적인 질문을 싫어한다와 기타가 각각 3%였다.

Table 2. Definitions and Basic Statistics on Main Variables

Variables	Definitions	Means	Standard Deviations
Age	Age of the household representative (years)	44.52	9.24
Household Income	Yearly household income (ten million KRW).	4.037	2.333
Number of Household Members	The number of household members (persons)	3.409	1.171
Environmental Friendliness	A dummy variable on the donation to the environmental organizations or the plan to buy an environmental friendly vehicle (1=have, 0=have not)	0.117	0.322
Project Awareness	A dummy variable on the awareness of wildlife-vehicle collisions and its prevention projects (1=have, 0=have not)	0.733	0.442
Collision Experiences	A dummy variable on the experiences of wildlife-vehicle collisions (1=have, 0=have not)	0.044	0.205

한 시장수요곡선이 우하향하여, 수요법칙이 적용됨을 의미한다.

평균 지불의사액에 영향을 미칠 주요 변수로 가구소득, 가구원수, 환경친화성, 사업인지도, 사고경험여부의 다섯 가지를 고려하였으며, Table 2는 주요 변수의 정의와 기초 통계량을 요약 설명하고 있다.

조사 대상 가구의 특성을 보면 응답자 평균 연령은 약 45세, 연평균 가구소득은 약 4,000만원, 가구원수는 약 3.5명으로 나타났다. 환경친화성, 사업인지도, 사고경험여부는 더미변수로 나타났다. 환경친화성은 환경관련 기부 경험을 확인하여 환경문제에 대한 적극적 관심이 있는지 확인한 것인데, 165개의 가구(11.79%)가 환경친화성을 보였다. 사업인지도는 조사 이전에 야생동물 교통사고 현황 및 감소 사업을 알고 있는지 확인한 것으로 1,027개의 가구(73.36%)가 야생동물 교통사고 현황을 알고 있다고 응답했다.¹³⁾ 사고경험여부는 야생동물 교통사고 경험 유무를 확인하고자 한 것인데, 62명(4.42%)이 야생동물 교통사고 경험이 있는 것으로 나타났다.¹⁴⁾

본 연구에서는 가구소득과 사업인지도가 높을수록, 환경친화성과 사고경험이 있을수록 야생동물 교통사고 예방사업에 대한 지불의사가 높을 것으로 가정하였다.

III. 추정결과 및 시사점

1. 추정결과

Table 3의 추정 결과를 보면, Wald test는 $\mu(x)$ 에

포함된 설명변수들이 유의미(jointly significant)함을 보여주었으며, LR test는 $\ln \sigma(x)$ 에 포함된 설명변수들 역시 유의미함을 보여준다.¹⁵⁾ 이는 동등변화(CV)가-따라서 WTP가-이분산(heteroskedasticity)을 보이고 있음을 말해준다.

이분산이 없는 경우에는 의 계수가 평균에 대한 한계효과와 밀접하게 관련이 있는 반면 현재의 모형처럼 이분산이 존재하는 경우 현재의 모형에서는만으로 평균에 대한 한계효과를 알 수 없다. 만으로는 평균에 대한 한계효과를 알 수 있을 뿐이다. 따라서 회귀 결과를 해석하는 데에 주의가 필요하다.

가구소득이 평균 CV에 미치는 영향을 보면, 다른 조건이 일정할 때 가구소득이 증가함에 따라 평균 CV는 상승하는 것으로 나타났다. 가구소득의 계수는 음의 값을 나타내어, 가구소득 증가할수록 평균 CV의 상승에 미치는 영향은 줄어든다고 할 수 있으나, 통계적으로 유의하지는 않았다.

가구 구성원 수는 통계적으로 유의하지 않은 영향

13) 세부 내용을 보면 대부분 알고 있다 327명(23.36%), 조금 알고 있다 700명(50.00%)이 응답했다.

14) 평균 연령 45세, 남성 38명(평균 연령 46세), 여성 24명(평균 연령 44세)으로 조사되었다.

15) Table 3에서 알 수 있는 바와 같이 $\mu(x)$ 에 이용한 회귀변수들 모두 $\ln \sigma(x)$ 에 이용하지는 않고 적절한 유의수준에서 통계적으로 의미있고 변수의 계수가 충분히 큰 변수들만을 이용해 $\ln \sigma(x)$ 함수를 구성하였다. 만일 $\mu(x)$ 에 포함된 변수들 모두가 $\ln \sigma(x)$ 함수에서 통계적 결합유의성(joint significance)이 없었다면 저자들은 이를 homoskedasticity의 증거로 간주하고 $\ln \sigma(x) = \gamma_0$ 만으로 모형을 구성하였을 것이다.

Table 3. Related factors on WTP for the Wildlife-vehicle collision prevention projects

Variables ¹⁰		Coefficients (Standard errors)
$\mu(x)$	Household income	1.5487*** (0.5483)
	Household income ²	-0.0526 (0.0332)
	Number of household members	-0.2155 (0.4708)
	Collision Experiences	5.7694** (2.7292)
	Environmental Friendliness	6.3767*** (1.2241)
	Project Awareness	4.7009*** (1.4001)
	Constant	-10.6832*** (2.0321)
$\ln \sigma(x)$	Environmental Friendliness	0.2114* (0.1232)
	Awareness on the project	0.2494* (0.1282)
	Constant	2.0564*** (0.1043)
Sample size		1,398
log likelihood		-1246.11
Wald test		$\chi^2_{(6)} = 68.07$ (p-value=0.000)
LR test		$\chi^2_{(2)} = 7.5834$ (p-value=0.022)

Significance level: *** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1

Table 4. The unconditional mean WTP for the Wildlife-vehicle collision prevention projects

Pr[WTP _i > 0]		E[WTP _i]	
Pr[WTP _i > 0]	95% Bootstrap Confidence Interval	E[WTP _i]	95% Bootstrap Confidence Interval
0.4388	41.35-46.37%	3,124.83 KRW	2,624.26 - 3,654.06 KRW

을 주는 것으로 나타났고 계수 추정값도 그리 크지 않았다. 가구 구성원의 숫자는 $\ln \sigma(x)$ 에도 포함되지 않았으므로 가구 구성원 수와 평균 WTP는 관계가 없는 것으로 보인다.

사고경험의 유무도 $\mu(x)$ 에만 포함되므로 $\mu(x)$ 의 계수 추정값이 양(+)이고 통계적으로 유의하다는 것은 다른 조건이 동일할 때 사고경험이 있는 사람이 그렇지 않은 사람보다 평균적으로 더 큰 WTP를 갖는다는 점을 보여준다. 계수 추정값 5.7694는 사고 경험에 있는 사람들이 그렇지 않은 사람들보다 평균 CV의 값이 약 5,700원 더 높다는 것을 말해준다.

환경친화성의 $\mu(x)$ 에 대한 영향 정도는 6.3767로 추정되었고, 이는 다른 조건이 동일할 때 환경문제에 적극적인 의사가 있는 가구가 그렇지 않은 가구보다 평균 CV가 약 6,370원이 더 높다는 의미이다.

사업인지도의 계수 4.7009도 같은 방법으로 해석할 수 있다. 야생동물 교통사고 현황 및 그에 따른 문제점을 인식하고 있는 가구가 그렇지 않은 가구보다 평균 CV가 약 4,700원 더 높다. 이는 환경문제 및 야

생동물 교통사고에 관한 내용을 보다 적극적으로 홍보하면 가구들의 지불의사비용을 높일 수 있음을 시사한다.

2. 정책적 시사점

앞의 결과를 이용해 부트스트랩(bootstrap)을 5,000번 반복하여, 야생동물 교통사고 예방사업에 양(+)의 지불의사를 가진 가구의 비율과 가구당 비조건부 평균지불의사액을 추정하였다(Table 4). 더불어 이를 토대로 야생동물 교통사고 예방사업에 대한 사회적 지불의사액을 도출하였다(Table 5).

야생동물 교통사고 예방사업에 양(+)의 지불의사를 가진 가구의 비율은 43.88%로 추정되며, 이는 현재 상태에서 과반수 이상이 야생동물 교통사고 예방사업에 대해 비용을 지불하지 않겠다는 의사를 보일 가능성이 높음을 의미한다.

가구당 비조건부 평균지불의사액은 3,124,833원으로 추정되었다. 이 값은 유사한 대상에 대해 지불의사액을 추정한 Lee & Choi(2013)이 얻은 값(양분선

Table 5. The social WTP for the Wildlife-vehicle collision prevention projects

Social WTP	95% Bootstrap Confidence Interval	Social WTP for 5 years
54.916 billion KRW	46.124 - 64.217 billion KRW	232.462 billion KRW

Table 6. Comparison of the unconditional mean WTP for the Wildlife-vehicle collision prevention projects between environmental friendliness and project awareness changes

	Current	Environmental Friendliness/Project Awareness		
		Yes/No(increasing rate)	No/Yes(increasing rate)	Yes/Yes(increasing rate)
$Pr[WTP_i > 0]$	0.4388	0.5382(22.65%)	0.5425(23.63%)	0.5990(36.51%)
$E[WTP_i](KRW)$	3,124.83	4,385.87(40.36%)	5,078.79(62.53%)	6,897.36(120.73%)
Social WTP(billion KRW)	54.916	77.078	89.255	121.215

택 모형의 경우 2,650원-2,744원, 다중선택 모형의 경우 1,158원-2,301원)과 다소 차이가 있다. 그런데 흥미롭게도 본 연구의 데이터를 이용하여 Lee & Choi(2013)에서와 같이 공변량이 없는 비조건부 동분산 로지스틱 모형을 추정하여 얻은 가구당 평균 지불의사액은 2,650,32원으로 Lee & Choi(2013)에서 양분선택모형을 이용한 결과와 거의 유사하였다. 이를 바탕으로 볼 때 본 연구와 Lee & Choi(2013)의 결과의 차이는 CV의 분포에 대해 조건부 이분산 로지스틱 분포를 가정한 것과 비조건부 동분산 로지스틱 분포를 가정한 것의 차이에 기인한 것으로 보인다.¹⁶⁾

2010년 기준 우리나라 총 가구수 17,574,067가구를 곱하여 구한 우리나라 국민의 야생동물 교통사고 예방사업 지불의사액은 약 549억 1600만원으로 추정된다. 이러한 환경 개선 구조물이 일시적이지 않고 장기간에 걸쳐 야생동물 교통사고를 감소시킴으로써 편익을 발생시킨다는 면에서, 장기 편익을 현재가치화하여 평가할 필요 또한 있다. 생태통로나 유도울타리 등의 구조물은 내구연한에 대해 편익을 화폐 가치화하는 것이 옳지만, 일반적으로 국내에서 적용되는 방법에 따라 야생동물 교통사고 예방사업의 경제적 가치는 2,324억 6,200만원이다.¹⁷⁾

환경친화성과 사업인지도가 지불의사액에 통계적으로 유의한 양(+)의 영향을 미친다는 점에 착안하여 이 두 조건이 변화할 경우 야생동물 교통사고 예방사업에 대한 지불의사와 가구 당 비조건부 평균지불의사액의 변화를 확인하고자 하였다. 이를 위해 환경친화성과 사업인지도의 유무에 따라 조건을 나누고 각

각의 경우에 양(+)의 금액을 지불할 확률, 비조건부 지불의사액, 사회전체의 지불의사액을 구하였다 (Table 6).

개별 가구들의 환경에 대한 인식을 제고하고 야생동물 교통사고에 관련한 경각심을 고취한다면 개별 가구들이 양(+)의 금액을 지불하겠다는 비율과 가구당 평균 지불의사액은 크게 늘어나는 것으로 나타났다. 야생동물 예방사업의 의의 및 편익을 충분히 이해하는 경우, 즉 사업인지도가 있는 경우만으로도 야생동물 교통사고 예방사업에 양(+)의 금액을 지불하겠다는 가구의 비율이 과반수를 다소 넘는 54.25%까지 증가할 수 있다는 추정이 가능하다는 점이 눈에 띄는 결과이다.

따라서 해당 사업에 대한 적극적인 홍보는 야생동물 교통사고 예방사업에 긍정적인 여론을 형성하고, 동 사업에 양(+)의 금액을 지불할 의사가 있는 가구를 늘리는 데 기여할 수 있을 것으로 보인다.

IV. 결론

교통 인프라의 증가와 이에 따른 교통량의 확대는

16) 저자 중 한 명은 CV의 오차항 ϵ 에 대한 분포에 대한 식별 오류 특히 이분산을 고려하지 않을 경우 지불의사액 추정값에 존재하는 불일치성(inconsistency)에 대해 연구 중이다 (Park & Kim 2016). 본 연구의 결과와 Lee & Choi(2013)의 결과의 차이를 지적해 준 익명의 심사자에 대해 본 연구진은 깊은 감사를 표하는 바이다.

17) Korea Development Institute(2008)에 따라 사회적 할인율 5.5%를 적용하고 한시적 납부 기간인 5년간의 가치를 계산하였다.

자연 환경에 영향을 미친다. 서식지 분절도 교통망 확장이 자연 환경에 가져온 결과 중의 하나로, 궁극적으로 생물 다양성을 떨어뜨릴 가능성이 있다. 하지만 이는 일반적인 효과는 아니다. 생물종이 교통망을 따라 이동하는 경우가 자주 발생하며, 그 과정에서 교통사고를 유발하게 된다. 특히 고속도로 상의 야생동물 교통사고는 미디어를 통해 다각도로 알려져 왔고, 시각적 참혹함으로 인해 많은 대중이 문제로 인식하게 되었다.

고속도로 상의 야생동물 교통사고 예방 대책은 반복적으로 국정감사의 시정처리 요구사항으로 제기되어 왔는데, 이는 이러한 환경 문제에 대한 사회적 인식을 토대로 하고 있다. 이에 따라 야생동물 교통사고를 예방하기 위한 다양한 시도가 이어져 왔다. 이 중 대표적인 것은 생태통로와 유도울타리와 같이 야생동물의 안전한 이동을 보장하는 시설을 설치하는 것이다. 생태통로는 2014년 3개소, 2015년 11개소, 유도울타리는 2014년 30km, 2015년 30km, 2016년 이후 180km의 추가 건설이 계획되어 있다. 그러므로 추가적인 건설비용 지출은 명약관화하다. 이와 동시에 부채감축 계획에 대한 압력이 존재한다. 따라서 가능한 합리적으로 비용을 지출해야하는 문제에 직면해 있다고 할 수 있다(Korea Expressway Corporation 2013, 2014).¹⁸⁾

그런데 경제적으로 환경보호 시설의 효과를 화폐화하기 어렵다는 문제가 있다. 기존 국내 연구는 이에 본 연구는 고속도로에 국한하여, 직접적 가치추정 방법인 조건부 가치추정법을 적용하여 야생동물 교통사고 예방사업의 경제적 가치를 추정하였다. 실증 분석 결과에 따르면, 우리나라 가구 당 연평균 약 3,125원의 지불의사가 있는 것으로 나타났으며, 2010년 기준으로 우리나라 가구 전체의 지불의사액은 약 549억원으로 추정되었다.

기존 연구 중 본 연구와 유사한 대상에 대해 지불의사액을 추정한 Lee & Choi(2013)에 비해 본 연구의 지불의사액이 다소 높게 추정되었는데 이는 구체적인 사업 내용과 응답자의 특성 차이 뿐 아니라 이분산에 대한 고려 여부에 기인한 것으로 보이며 이분산이 존재할 경우 지불의사액 추정량의 특성에 대해

추가적인 연구를 진행 중에 있다.¹⁹⁾ 그리고 기존 연구가 추정방법의 비교에 초점을 맞춘데 비해, 본 연구는 환경친화성과 사업인지도의 두 변수를 이용하여 지불의사액의 변화를 추정함으로써 정책적 활용도를 높였다는데 의의가 있다.

지불의사에 미치는 요인을 살펴보면, 가구 소득이 높을수록 야생동물 교통사고 예방사업에 대한 지불의사액이 높아지는 것으로 나타났지만, 가구 구성원의 수와는 무관하였다. 환경문제에 적극적인 태도를 갖고 있고, 동 사업의 현황에 대해 인지하고 있을수록 지불의사액은 통계적으로 유의하게 높아졌다. 이는 야생동물 교통사고 예방사업에 대한 적극적인 홍보를 통해 동 사업에 긍정적인 여론을 형성하고자 하는 관계 기관의 노력이 무의미하지 않을 수 있음을 의미한다.

사 사

이 논문은 2014년도 한국방송통신대학교 학술연구비 지원을 받아 작성된 것입니다.

References

- Beckmann JP, Clevenger AP, Huijser MP, Hilty JA. 2012. Safe Passages: Highways, Wildlife and Habitat Connectivity. Island Press.
- Bissonette JA, Rosa S. 2012. An evaluation of a mitigation strategy for deer-vehicle collisions. *Wildlife Biology*. 18: 414-423.
- Choi, TY, Yang BG, Yu BH. 2008. Overview of measures and research reports to mitigate

18) "2013년 국회지적사항 24. 로드킬 예방대책(유도울타리와 생태통로 조성 등)을 수립할 것", "2014년 국회지적사항 15. 현실적인 부채감축 계획을 강구할 것."

19) 본 연구에서는 저비용의 경고판은 제외하고, 응답자에게 고비용의 생태통로와 유도울타리만을 예방사업안으로 제시하였으며, 일반도로를 제외한 고속도로만을 대상으로 하였다. 또한, 기존연구에 비해 본 연구의 응답자가 상대적으로 야생동물 교통사고 및 관련 사업에 대한 인지도가 높고 지불의사가 있는 경우가 많은 것으로 나타났다.

- road-kills in Korea. Proceedings of the Korean society of environment and ecology conference. Daegu: Korean Society of Environment and Ecology. 89-92. [Korean Literature]
- Clevenger AP, Ford AT, Sawaya MA. 2009. Banff Wildlife Crossings Project: Integrating Science and Education in Restoring Population Connectivity Across Transportation Corridors. Final Report to Parks Canada Agency. Radium Hot Springs, British Columbia. Canada.
- Conover MR, Pitt WC, Kessler KK, DuBow TJ, Sanborn WA. 1995. Review of human injuries, illnesses, and economic losses caused by wildlife in the United States. *Wildlife Society Bulletin*. 23: 407-414.
- Conover MR. 1997. Monetary and intangible valuation of deer in the Unites States. *Wildlife Society Bulletin*. 25: 298-305.
- Damarad, T, Bekker, GJ. 2003. COST 341 - Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure: Findings of the COST Action 341. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg.
- FHWA (The Federal Highway Administration). 2008. Wildlife-Vehicle Collision Reduction Study - Report to Congress. U.S. Department of Transportation.
- Huijser MP, McGowen P, Fuller J, Hardy A, Kociolek A, Clevenger AP, Smith D, Ament RJ. 2007. Wildlife-vehicle collision reduction study - Report to Congress. U.S. Department of Transportation, Federal Highway Administration. Washington D.C., USA.
- Huijser MP, Duffield JW, Clevnger AP, Ament RJ, McGowen P. 2009. Cost-Benefit Analyses of Mitigation Measures Aimed at Reducing Collisions with Large Ungulates in the United States and Canada: a Decision Support Tool. *Ecology and Society*. 14(2): Article 15.
- Iuell B, Bekker GJ, Cuperus R, Dufek J, Fry G, Hicks C, Hlaváč V, Keller V, Rosell C, Sangwine T, Tørslov N, Wandall B. 2003. COST 341 - Wildlife and traffic: a European handbook for identifying conflicts and designing solutions. KNNV Publishers, Brussels, Belgium.
- Korea Development Institute. 2008. A study on general guidelines fro pre-feasibility study. 5th ed. [Korean Literature]
- Korea Expressway Corporation. 2008. Comprehensive Expressway Ecological Survey and Wildlife Vehicle Collision Prevention Report. [Korean Literature]
- Korea Expressway Corporation. 2014. Wildlife collision prevention report. http://www.ex.co.kr/portal/cus/public_relations/e-environment/wild_animals/1191372_3493.jsp?clickParentNum=3&clickNum=0. visited Dec. 22, 2014.
- Lee GJ, Tak JH, Pak SI. 2014. Spatial and temporal patterns on wildlife road-kills on highway in Korea. *J Vet Clin*. 31(4): 282-287. [Korean Literature]
- Lee JS, Choi EC. 2013. One and one and half dichotomous choice contingent valuation method - with the example of road kill reduction policy. *J Korean Public Policy*. 15(1): 137-158. [Korean Literature]
- Mastro LL, Conover MR, Frey SN. 2008. Deer-vehicle collision prevention techniques. *Human-Wildlife Conflicts*. 2(1): 80-92.
- McCollister MF, Manen FT. 2010. Effectiveness of wildlife underpasses and fencing to reduce wildlife-vehicle collisions. *J Wildlife*

- Management. 74(8): 1722-1731.
- Ministry of Environment. 2007. Wildlife Roadkill Prevention and Management Report. Nature Policy Division. [Korean Literature]
- Ministry of Environment. 2010. Guidelines for Design and Management of Wildlife Crossing Structures in Korea. Natural Resources Division. [Korean Literature]
- Ministry of Land, Infrastructure and Transport. each year. Road Work Handbook. [Korean Literature]
- Netusil NR. 2006. Economic Valuation of Riparian Corridors and Upland Wildlife Habitat in an Urban Watershed. J Contemporary Water Research & Education. 13(4): 39-45.
- Park SS, Jeon GS, Lee CK. 2014. Valuing the restoration of the abandoned road. Environment Policy Studies. 13(3): 21-42. [Korean Literature]
- Park SS, Kim YJ. 2016. Normality, Heteroskedasticity, and Contingent Valuation Method. Unpublished manuscript. [Korean Literature]
- Spellerberg IF. 1998. Ecological effects of roads and traffic: A literature review. Global Ecology and Biogeography Letters. 7: 317-333.
- Shwiff SA, Smith HT, Engeman RM, Rossmanith RJ. 2007. Bioeconomic analysis of herpetofauna road-kills in a Florida state park. USDA National Wildlife Research Center. Staff Publications Paper 623.
- Song JS Lee KJ, Ki KS, Jun IY. 2011. The Efficiency and improvement of the highway wild-life fences for decrease of mammals road-kill - In case of Manjong~Hongchun section on Jungang highway. J Env Eco. 25(5): 649-657. [Korean Literature]
- L-P Tardif & Associates Inc. 2003. Collisions Involving Motor Vehicles and Large Animals in Canada: Final report. Nepean, Ontario, Canada.

〈부록〉 설문 시나리오의 주요 부분

2008년 고속도로 상에서 발생한 야생동물 교통사고(일명 로드킬)는 총 2,286건이었습니다. 이중 고라니가 1,557건으로 가장 많았으며, 이외 너구리(*Nyctereutes procyonoides*), 멧토끼(*Lepus sinensiscoreanus*), 삵(*Felis bengalensis manchurica*), 족제비(*Mustela sibirica*), 오소리(*Meles meles*), 노루(*Capreolus pygargus*) 6종의 대표동물이 729건이었습니다 [보기카드 A-1 제시]. 한국도로공사는 야생동물 교통사고 피해를 줄이기 위하여 2007년도부터 생태통로, 유도울타리와 같은 기타 보조시설들을 확대 설치하였습니다 [보기카드 A-2 제시]. 그 결과 2009년 야생동물 교통사고 건수는 전체적으로 1,895건으로 17% 감소했습니다 [보기카드 A-3 제시]. 생태통로가 설치되지 않은 노선의 사고 발생수가 전년 대비 최대 3배 늘어난 경우가 있는 것으로 확인되었습니다. 이에 따라 한국도로공사는 향후 준공예정이거나 기존 고속도로 구간에 생태통로와 유도울타리를 점진적으로 확대 설치하고 체계적으로 관리할 계획입니다.

이러한 사고예방시설들은 야생동물 교통사고 감소뿐만 아니라 야생동물의 이동로 제공, 야생동물 서식지로의 이동, 천적 및 대형교란으로부터 피난처 역할, 단편화된 생태계의 연결로로서 생태계의 연속성 유지, 기온변화에 대한 저감효과, 교육적·위락적·심미적 가치제고 등의 역할을 합니다.

생태통로나 유도울타리를 설치하기 위해서는 상당한 비용이 들게 되어 귀하가 지불하는 소득세가 일부 인상될 수 있습니다. 많은 사람들이 그 비용을 지불하려 하지 않는다면 야생동물 교통사고 예방사업은 제대로 추진되거나 관리될 수 없습니다. 반면 많은 사람들이 그 비용을 지불하는데 동의한다면 한국도로공사가 생태통로와 유도울타리를 설치하고 체계적으로 관리하게 될 것입니다. 이제 이를 위해 귀하의 가구가 소득세에 부과되는 야생동물 교통사고 예방기금과 같은 방법으로 얼마나 추가적으로 비용을 부담하실 수 있는지를 알고자 합니다.

만약 귀하가 지불에 동의하신다면 그 금액은 고속도로 상의 생태통로와 유도울타리의 설치 및 관리를 위하여 향후 5년간 계속적으로 부담하셔야 합니다. 그리고 야생동물 교통사고는 고속도로와 관련된 많은 환경문제들 중의 하나라는 사실을 유념하시기 바랍니다. 또한, 귀하 가구의 소득은 제한되어 있고 그 소득은 여러 용도로 지출되어야 한다는 사실과 현재 오직 고속도로 야생동물 교통사고 예방사업 만이 조사대상이라는 사실을 고려하신 후 다음질문에 신중히 대답하여 주시기 바랍니다.

(※ 조사원은 가구당 1년에 1회, 5년 동안 부담한다는 사실을 반드시 주지시켜 주십시오.)