

수소버스 전복 안전기준 도입에 따른 통계적 인명가치 및 비용편익효과 연구

임서현* · 장정아** · 홍성진***

A Study on Value of a Statistical Life and Cost-benefit Analysis about Hydrogen Bus Rollovers Safety Regulation

Seo Hyun Lim*, Jeong Ah Jang**, Sung Jin Hong***

Key Words: 수소버스(Hydrogen bus), 버스전복안전기준(Bus rollovers safety standards), VSL(Value of a Statistical Life), CBA(Cost-benefit analysis)

ABSTRACT

This study is a study to estimate the VSL (Value of a Statistical Life) and CBA (Cost-benefit analysis) of the rollover safety standard for hydrogen buses, VSL is an economic value concept used to quantify the benefits of avoiding death. CBA shows the effect of cost-benefit, and if B/C is greater than 1, there is a social effect. In order to estimate the VSL and CBA, the hydrogen bus introduction scenario was assumed to be optimistic (20,000 vehicles in 2030), neutral (15,000 vehicles in 2030), and pessimistic (10,000 vehicles in 2030), and the effect of reducing human casualties was estimated. As a result, except for the pessimistic market situation of introducing hydrogen buses (10,000 vehicles in 2030) and the VSL reduction ratio of 10%, all policies were judged to have high cost-benefit effects. These results indicate that the introduction of the rollover safety standard for hydrogen buses is a socially effective policy.

1. 서론

2019년 1월 정부는 수소경제 활성화 로드맵을 발표하고, 기존의 석탄, 석유와 같은 화석원료 위주의 에너지 시스템을 수소경제로 전환하여 신성장동력으로 산업구조를 변화시키는 미래 비전을 제시하였다. 수소경제 활성화 로드맵에 의하면 대중교통 확대의 일환으로 '40년 수소택시 8만대, 수소버스 4만대, 수소트럭 3만대를 보급 목표로 하였다. 이에 시내버스로 운영 중인 CNG 버스

가 전기 및 수소버스로 단계적으로 교체될 것으로 보인다. 2020년 5월부터 수소버스 운행시 버스 안전사고에 대한 문제와 관련한 2차사고(화재 및 폭발 등)의 예방 등을 위한 수소버스의 차량 및 부품단위 안전성 평가 기술 및 장비개발과 안전기준 제·개정을 위한 연구가 시작되었다.⁽¹⁾

수소버스는 2000년대 초부터 등장하여 미국, 유럽, 중국, 일본에서 운행되고 있으나 아직 도시형 단거리 노선에 제한적으로 운행되고 있는 상황이며 초기 시장 형성 단계이다. 국내에서는 현대사 일렉시티 수소버스를 개발하고 2018년 울산시 시내버스로 최초 도입한 이후 2021년 1월 말 현재 전국 총 69대가 등록된 상황이며 향후 2022년 2,000대까지 적극적으로 보급할 계획이다. 이러한 수소버스의 안전성 문제는 크게 제작단계와 운행단

* 한국교통연구원, 운송산업·이동권연구 팀장

** 아주대학교 TOD 기반 지속가능 도시교통, 연구센터 연구교수

*** 한국교통연구원, 주임전문원

E-mail: azang@ajou.ac.kr

계, 그리고 차량 전체와 차량부품단위로 나누어 다룰 수 있다.

본 연구는 제작단계에서 전복상황 시 안전성 측면에 안전기준의 도입이 실제로 통계적 인명가치(Value of a Statistical Life, VSL, 이하 VSL)와 비용편익분석(Cost-benefit analysis, 이하 CBA)에 미치는 영향을 검토하고 정량적 결과를 도출하였다. VSL는 사망을 피하는 이점을 정량화하는데 사용되는 경제적 가치 개념이다. 생명 비용, 사망을 예방하는 가치 및 사망을 피하는 목시적 비용¹⁾으로 통상적인 경제성 분석시 편익 지표로 활용된다. CBA의 경우 사회적비용에 대한 효과를 정량화하는 방법이다.⁽²⁾ 본 연구에서는 사고감소에 따른 사회적 비용에 대하여 수소버스의 시장규모와 안전기준 도입에 따른 다양한 시나리오하에서 VSL와 CBA 측면의 정량화된 수치를 제시하였다. 이러한 결과는 향후 수소버스 도입시 제도마련의 의사결정시 핵심 지표로 활용이 될 것으로 기대된다.

2. 관련 연구 고찰

2.1. 국내 수소버스 안전기준

수소차와 내연기관 자동차가 다른 부분이 구동시스템(구동전동기 출력, 고전원전기장치, 구동 축전지)과 연료시스템(수소 내압용기 및 수소부품 등)임에 따라 관련 안전기준 현황은 다음과 같다. 제작자동차의 구동전동기 출력, 고전원전기장치 및 구동축전지는 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙(이하 “자동차 안전기준”)에서 규정하고 있으며 국내 자동차 안전기준은 국제기준(UN R 80, 100)과 기준 조화가 되어 있고 세부적인 안전기준 및 시험절차는 자동차 안전기준 법령이 명시되고 있다.

- 구동전동기 출력은 자동차 안전기준 제106조(원동기출력) 제2호에 명시되어 있으며 자동차의 구동전동기 출력 및 해당 회전수에 대한 제원의 허용치를 제한하고 있음
- 고전원전기장치도 자동차 안전기준 제18조의2(고전원전기장치)에 따른 절연 안전성 기준으로 규정
- 구동축전지 또한 자동차 안전기준 제18조의3(구동축전지)의 기준에 따라 차실과 벽 또는 보호판 등으로 격리되는 구조이어야 하며 과충전을 방지하고

과전류를 차단할 수 있어야 함

- 구동축전지 낙하시험/액중투입시험/과충전시험/과방전시험/단락시험/열노출시험/연소시험에서 발화 또는 폭발하지 않아야 함

연료시스템인 수소 내압용기와 수소부품의 안전기준은 자동차용 내압용기 안전에 관한 규정(이하 “내압용기 안전기준”)으로 국토교통부 고시로 정하고 있고, 국내 수소 내압용기 안전기준은 유럽기준(EC 79)과 기준조화되어 있어 관련 안전기준이 더 현실화되고 강화된 국제기준(UN R137 및 UN GTR 13)과의 조화가 필요한 실정이다.

- 수소부품 중 용기 밸브, 용기 안전장치, 피팅, 플렉시블 연료 호스, 수소필터, 수동 밸브, 체크 밸브, 압력 조정기, 배관안전밸브, 충전구, 수소시스템 센서는 다음의 시험 기준에 적합하여야 함
- 재료시험(금속재료: 디스크파열시험, 인장시험/ 비금속: 수소호환성시험, 산소노화시험, 오존 적합성 시험), 부식저항시험, 내구시험, 수압반복시험, 내부누출시험 및 외부누출시험

앞서 언급한 구동 및 연료시스템 등을 장착한 수소차는 자동차 안전기준 제17조(연료장치)에서 규정하는 미반응 수소배출가스 농도기준, 수소 연료시스템에서 수소 가스 누출 농도기준 및 가스누출 시 경고등 점등과 차단 밸브 작동의 기준을 만족하여야 한다.

대형 수소차의 경우 대용량 배터리 및 연료전지 모듈의 다중 동력원에서 전력을 공급받아 병렬형 모터시스템을 구동시키므로, 현행 원동기 출력시험 기준으로는 수소버스의 출력을 모사 하는데 한계가 있어 대형수소차 특성을 반영한 안전기준 개발과 평가제도 운영이 필요하다. 수소버스의 경우 연료장치 위험성 등을 고려하여, 세계 최초로 전복시험을 통한 연료장치 안전기준을 마련하였으나, 실차 전복시험 등에 대한 세부적인 절차 등이 미비한 실정이다.

2.2. 국제 수소버스 안전기준

수소차 분야 세계기술규정(GTR No.13)은 2013년에 제정돼 2017년 GTR 2단계 개정을 위한 요청이 승인된 상태이며, 국내 수소차 용기 및 연료공급장치 기준은 EC 79(2009) 기반으로 제정돼 국토교통부 고시로 시행중에 있어 국제기준과 국내 기준은 차이가 있다. 한국, 미국, 일본 및 유럽집행위원회(EC) 주도로 추진 중인 GTR 2단계 기준 개정 시 논의될 주요 안전으로는 차종범위 확

1) https://en.wikipedia.org/wiki/Value_of_life

대, 수소충전구 기준 제정, 현행 시험절차 및 기준 개정, 화재 시험 시 화염길이 등 시험방법 표준화, ISO TC197 와 GTR 13 기준조화 등이 포함되어 있으며, 수소버스와 관련된 내용으로는 차종범위 확대, 수소충전구 기준, 화재시험법 표준화 등이 있고 수소버스와 관련된 기준은 개정 논의 초기 단계로 국내 자동차 및 부품 제작사가 시행 착오를 최소화하기 위한 기준 제정 연구 개발이 필요한 시점이다.

2.3. 전복사고시 안전기술(기준) 도입에 따른 효과

2015년 미국 고속도로 교통 안전국(NHTSA)이 발표한 보고서⁽³⁾에 따르면 전복사고커튼(Rollover curtains) 과 연료장치 안전성 효과로 Table 1과 같은 효과를 제시 하고 있다. FMVSS No. 226으로 총 9550건의 데이터 중 4801의 전복으로 인한 사망사고로, 그중 130건이 rollover curtains을 장착하고 있었고, 이 기술을 41.3%의 사망사 고 감소에 효과가 유의미- No 301은 후방충돌에서 화재 가 56.6% 감소 효과. NASS-CDS의 1991~2011년도 59건의 화재를 동반하는 후방충돌 시 사망사고 중 62.2% 의 사망자가 화재부상을 입었다. 추정결과로 No 301. 개 선 이후 화재를 동반하는 후방충돌 사고에서 35.2% 사망 자가 예방되었다고 하였다. 따라서 도로의 모든 차량이 이 기술을 장착했을 때 연간 23명의 생명을 구할 수 있다 는 결과를 제시하였다.

Table 1 USA's rollover and fuel system standard effect (unit: person)

FMVSS No.	Safety technology		Car	Freight	Total
FMVSS No. 226	Ejection mitigation	Rollover curtains	8	171	179
FMVSS No. 301	Fuel system integrity	1976-1967 upgrade: rollover, rear-impact and lateral-impact tests	14	13	27
		2005-2009 upgrade: rear-impact and lateral-impact tests			

3. VSL 및 CBA 효과 추정 방법론

3.1. VSL 및 CBA 추정 방법

비용편익분석측면에서 주로 고려되는 것이 VSL이다. VSL은 개인이 치명적인 위험을 피하기 위한 지불용의 금액으로, 미국 FHWA-DOT 가이드라인에서는 메타분석 기반으로 허용가능한 사상수의 감소비율을 제시한 바 있다.⁽⁴⁾ 다른 방법으로 평균 사망자 수를 줄이기 위해서 사회구성원들이 함께 지불할 용의(Willingness to Pay, WTP)를 직접적으로 조사하기도 한다. 본 연구에서는 VSL은 교통사고를 대상으로 하기 때문에 그간 교통사고 부문에 지불했던 사회적 비용을 근거로 수소버스 전복기 준과 관련된 VSL을 추정한다.

일본에서도 자동차안전기준의 효과 측면에서 CBA를 적용한바 있다.⁽⁵⁾ 우리나라의 경우 좌석안전띠 미착용 경 고장치의 효과분석과 초소형자동차의 안전기준의 효과 분석을 위하여 CBA를 적용한 바 있다.^(6,7)

3.2. VSL 추정을 위한 교통사고에 대한 사회적 비용

교통사고 발생에 따른 비용을 추계하기 위해 2019년 도로교통공단에서 발간한 2018년 도로교통 사고비용의 추계와 평가의 결과를 활용하였다.⁽⁸⁾ 2018년 도로에서 발생한 교통사고 발생건수와 교통사고 피해 보상수준, 처리비용 및 사상자들의 노동생산력 저하와 취업에 따른 영향 등을 종합적으로 반영한 사상자 피해 종류별 평균 비용은 통상적으로 사망자 1인당 평균 비용 약 4.3억이며 중상은 약 6.4천만원, 경상은 약 4.6백만원을 사용한다.

3.3. CBA 분석 방법

CBA를 위하여서는 편익/비용 비율을 산정한다. 편익/비 비는 편익과 비용의 할인된 금액의 비율, 즉 장래에 발

Table 2 Average cost per casualty (unit: One thousand won)

	Net average cost	Social institution cost	Total
Death	428,316.1	2,487.9	430,804.0
Major Injuries	61,795.3	1,811.5	63,606.7
Minor injuries	4,159.7	426.2	4,585.8
Report Injury	2,090.4	180.5	2,270.9

생될 비용과 편익을 현재가치로 환산하여 편익의 현재가치를 비용의 현재가치로 나눈 것이다. 일반적으로 편익/비용 비율 ≥ 1 이면 경제성이 있다고 판단한다. 주요 수식은 다음과 같다.

$$B/C = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} / \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

- 여기서, B_t = 매년도 편익
- C_t = 매년도 비용
- r = 실질할인율(5.5%)
- n = 분석기간

본 연구에서는 편익과 비용 산정 및 경제성 분석 수행의 기준연도는 2022년도로 설정하였으며, 분석기간은 2031년까지 10년으로 설정하였다. 사회적 할인율은 예비타당성조사 ‘일반지침(제6판)’ 중 사회적 할인율의 조정에서 제시된 할인율 4.5%를 포함하여 분석을 수행하였다.

4. VSL 및 CBA 적용 분석

4.1. 수소버스 도입 시나리오

2019년 정부는 수소버스의 보급·확대 계획을 2022년까지 2천대, 2040년을 목표로 4만대를 보급하는 것을 목표로 발표하였다. 광역버스는 2021년부터 수소버스를 실제 노선에 투입하여 운영할 예정이며 2030년 모든 노선에 수소버스를 투입하는 것을 목표로 하고 있다. 2022년 2천대의 수소버스를 운행하기 위해서는 2020년 현재 약 195대의 수소버스를 운행해야 추세에 맞지만, 2021년 1월 현재 국내에서는 시내버스 69대에 불과하다. 따라서 2040년 4만대의 수소버스 도입 목표를 달성할 경우를 낙관, 50% 수준 달성을 비관, 이 중간 규모를 중립 시나리오로 구분하여 시나리오 분석을 수행하였다.

- 낙관적 시나리오: 수소버스 보급대수 목표 달성(2040년 4만대)
- 중립적 시나리오: 수소버스 보급대수 목표치의 75% 달성(2040년 3만대)
- 비관적 시나리오: 수소버스 보급대수 목표치의 50% 달성(2040년 2만대)

Table 3 Various scenarios of hydrogen bus market

No	Year	Optimistic scenario	Neutral scenario	Pessimistic scenario
1	2019	68	68	68
2	2020	195	195	195
3	2021	903	694	486
4	2022	2,000	1,500	1,000
5	2023	3,422	2,574	1,726
6	2024	5,189	3,895	2,602
7	2025	7,232	5,426	3,619
8	2026	9,507	7,130	4,753
9	2027	11,967	8,974	5,981
10	2028	14,567	10,923	7,281
11	2029	17,261	12,944	8,628
12	2030	20,000	15,000	10,000
13	2031	22,747	17,059	11,373
14	2032	25,448	19,086	12,725
15	2033	28,060	21,045	14,033
16	2034	30,537	22,903	15,273
17	2035	32,833	24,626	16,422
18	2036	34,902	26,179	17,458
19	2037	36,700	27,527	18,357
20	2038	38,179	28,636	19,096
21	2039	39,295	29,472	19,652
22	2040	40,000	30,000	20,000

4.2. 국내 버스사고의 인명피해 현황

노선버스는 한국교통안전공단 교통사고분석시스템, 전세버스는 전세버스운송사업조합연합회의 교통사고자료를 활용하였다. 사고자료는 과거 2010년부터 2019년까지 10년간의 교통사고 건수와 사망, 부상자 자료의 평균치를 산출한 결과 사고 발생건수는 총 45.1건, 사망자수는 2.7명이었다.

4.3. 수소버스 사고의 VSL

버스의 교통사고건수와 사망자, 중상자, 경상자, 부상신고자 데이터에 교통안전공단에서 발표한 사상자 평균 비용을 적용하여 사고비용 총계를 산정하였다. 그 결과 사망에 따른 사고비용은 약 11.4억, 중상자에 따른 비용은 30.6억으로 나타났으며 총 비용은 50.4억 수준인 것

Table 4 Average number of bus accidents in 10 years

No.	TAAS (A)	Taas Route bus (B)	Taas Rental bus (C)	Rental bus Association (D)	Bus Association (E)	Utilization data (B+D)
Number of occurrences	35.1	34.0	5.2	11.1	9.8	45.1
Number of death	0.8	0.5	0.3	2.2	0.3	2.7
Number of major injured	50.8	29.9	20.9	18.2	12.5	48.1
Number of minor injuries	67.8	43.5	24.3	137.0	38.3	180.5
Number of Report Injury	13.6	8.2	5.4			8.2

* TAAS: Traffic accident analysis system of Korea Transportation Safety Authority

Table 5 Basic unit VSL and traffic accident costs (Unit: case, won, person)

	Traffic accident cost	Casualty	Total accident cost
Number of accidents		45.1	
Death	430,804,000	2.7	1,136,170,800
Major Injuries	63,606,700	48.1	3,059,482,270
Minor injuries	4,585,800	180.5	827,556,400
Report Injury	2,270,900	8.2	18,621,380
총합			5,041,830,850

Table 6 VSL in optimistic scenario of hydrogen bus market

Year	Optimistic scenario	Total Bus	Hydrogen bus ratio	VSL by accident reduction contribution rate				
				10%	20%	30%	40%	50%
2022	2,000	86,445	2.3%	11,727,755	23,455,510	35,183,265	46,911,020	58,638,775
2023	3,422	86,445	4.0%	20,067,318	40,134,635	60,201,953	80,269,271	100,336,589
2024	5,189	86,445	6.0%	30,426,253	60,852,506	91,278,760	121,705,013	152,131,266
2025	7,232	86,445	8.4%	42,409,307	84,818,614	127,227,921	169,637,228	212,046,534
2026	9,507	86,445	11.0%	55,748,118	111,496,237	167,244,355	222,992,473	278,740,592
2027	11,967	86,445	13.8%	70,174,327	140,348,655	210,522,982	280,697,309	350,871,636
2028	14,567	86,445	16.9%	85,419,573	170,839,147	256,258,720	341,678,293	427,097,866
2029	17,261	86,445	20.0%	101,215,496	202,430,992	303,646,488	404,861,984	506,077,480
2030	20,000	86,445	23.1%	117,277,551	234,555,102	351,832,653	469,110,203	586,387,754
2031	22,747	86,445	26.3%	133,385,930	266,771,861	400,157,791	533,543,721	666,929,652
Total				667,851,629	1,335,703,258	2,003,554,887	2,671,406,516	3,339,258,145

으로 산출될 수 있다.

정부의 수소버스 낙관보급 시 과거 10년간의 버스대수 평균치를 활용하여 전체 버스 중 수소버스의 비율을 적용하여 VSL을 산출하였다. 이때 VSL에 영향을 주는 사고에 대한 인명피해 감소효과는 현재는 도입 초기이기 때문에 통계적 분석 결과가 없는 점을 감안하여 사망자/부상자수의 감소비율을 10%, 20%, 30%, 40%, 50%로 다양하게 검토하였다. 이는 기준미비시 대비 효과로 가정한 값이다.

4.4. CBA 분석

4.4.1. 비용

수소버스 전복시 연료장치 안전성 세부평가기술의 도입비용은 전문가 인터뷰와 주요 인프라 소요재원을 통하여 추정하였다. 또한 유지보수비용으로 매년 요구하는 프로그램 업데이트 비용 등을 반영하였다. 전문가 포커스 인터뷰(Focus Interview, FI)를 통하여 전복 안전기술을 시험할 때 필요한 초기 도입 인프라 측면에서 시험환경 구성요소(SW, HW)의 비용으로 반영하였고 그 금액의 정확한 액수는 본 고에는 명시하지 않는다. 유지보수비용은 초기 도입 인프라비용의 약 10% 수준으로 반영하였다.

4.4.2. 편익/비용비율

사고 기여율이 10%일 경우 중립, 비판시나리오를 제외하고 사고 기여율 20%~50%인 경우 모든 시나리오에

Table 7 VSL in neutral scenario of hydrogen bus market

Year	Neutral scenario	Total Bus	Hydrogen bus ratio	VSL by accident reduction contribution rate				
				10%	20%	30%	40%	50%
2022	1,500	86,445	1.7%	8,795,816	17,591,633	26,387,449	35,183,265	43,979,082
2023	2,574	86,445	3.0%	15,092,829	30,185,658	45,278,488	60,371,317	75,464,146
2024	3,895	86,445	4.5%	22,842,238	45,684,475	68,526,713	91,368,951	114,211,189
2025	5,426	86,445	6.3%	31,814,846	63,629,693	95,444,539	127,259,386	159,074,232
2026	7,130	86,445	8.2%	41,808,781	83,617,561	125,426,342	167,235,123	209,043,904
2027	8,974	86,445	10.4%	52,622,166	105,244,332	157,866,498	210,488,665	263,110,831
2028	10,923	86,445	12.6%	64,053,128	128,106,256	192,159,384	256,212,512	320,265,641
2029	12,944	86,445	15.0%	75,899,792	151,799,584	227,699,376	303,599,168	379,498,960
2030	15,000	86,445	17.4%	87,958,163	175,916,326	263,874,489	351,832,653	439,790,816
2031	17,059	86,445	19.7%	100,032,728	200,065,456	300,098,184	400,130,912	500,163,639
Total				500,920,488	1,001,840,975	1,502,761,463	2,003,681,951	2,504,602,439

Table 8 VSL in pessimistic scenario of hydrogen bus market

Year	Pessimistic scenario	Total Bus	Hydrogen bus ratio	VSL by accident reduction contribution rate				
				10%	20%	30%	40%	50%
2022	1,000	86,445	1.2%	5,863,878	11,727,755	17,591,633	23,455,510	29,319,388
2023	1,726	86,445	2.0%	10,119,807	20,239,613	30,359,420	40,479,226	50,599,033
2024	2,602	86,445	3.0%	15,260,333	30,520,666	45,781,000	61,041,333	76,301,666
2025	3,619	86,445	4.2%	21,223,259	42,446,518	63,669,778	84,893,037	106,116,296
2026	4,753	86,445	5.5%	27,873,196	55,746,392	83,619,588	111,492,784	139,365,980
2027	5,981	86,445	6.9%	35,074,755	70,149,510	105,224,264	140,299,019	175,373,774
2028	7,281	86,445	8.4%	42,692,547	85,385,094	128,077,641	170,770,187	213,462,734
2029	8,628	86,445	10.0%	50,591,183	101,182,367	151,773,550	202,364,734	252,955,917
2030	10,000	86,445	11.6%	58,638,775	117,277,551	175,916,326	234,555,102	293,193,877
2031	11,373	86,445	13.2%	66,689,435	133,378,871	200,068,306	266,757,742	333,447,177
Total				334,027,168	668,054,337	1,002,081,505	1,336,108,674	1,670,135,842

Table 9 B/C by scenarios

		Optimistic scenario	Neutral scenario	Pessimistic scenario
Accident reduction contribution rate	10%	1.31	0.98	0.66
	20%	2.63	1.97	1.31
	30%	3.94	2.95	1.97
	40%	5.25	3.94	2.63
	50%	6.56	4.92	3.28

서 B/C가 1.27~7.34로 산출되어 비용 대비 편익이 큰 것으로 분석되었다.

5. 결론 및 향후과제

정부의 탄소중립정책과 함께 수소경제로의 사회전환으로 수소버스의 대중교통 도입은 점차 가속화될 것으로 보인다. 본 연구는 수소버스가 시내버스 및 고속/시외버스 등에 점차적으로 도입될 낙관적, 중립적, 비관적 시나리오에 따라 수소버스 전복안전기준의 도입에 따른 효과를 제시하고 있다. 본 연구에서는 제작단계의 전복안전기준의 도입이 VSL과 CBA 측면의 경제적 가치를 정량적으로 추정하였다. 이때 VSL에 영향을 주는 사고에 대한 인명피해 감소효과는 현재는 도입 초기이기 때문에 통계적 분석 결과가 없는 점을 감안하여 사망자/부상자수의

감소비율을 10%, 20%, 30%, 40%, 50%로 다양하게 검토하였다. 또한 수소버스 시장도입 가능성은 낙관적, 중립적, 비관적 상황을 모두 고려하여 CBA 분석을 제시하였다. 그 결과 수소버스 도입의 비관적 시장 상황(2030년 10000대), VSL 감소비율이 10%일 경우를 제외하고는 모두 비용대비 편익효과가 높은 정책으로 판단되었다.

이러한 결과는 수소버스의 전복안전기준 도입이 사회적으로 실효성이 높다는 것을 의미하며, 수소버스 보급에 따라 빠른 시일내에 제도적 뒷받침이 필요하다는 것을 의미하는 바이다. 이러한 결과는 향후 수소버스 도입시 제도마련의 의사결정시 핵심 지표로 활용이 될 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 국토교통부/국토교통과학기술진흥원의 지원으로 수행되었음(과제번호 21HBST-B158067-02).

참고문헌

- (1) 김시우, 2020, “수소차 보급과 안전기준 현황”, 월간교통, Vol. 270, pp. 13~15.
- (2) Hauer, E., 2011, “Computing what the public wants:

some issues in road safety cost-benefit analysis”, *Accident Analysis & Prevention*, 43(1), pp. 151~164.

- (3) NHTSA, 2012, “Lives Saved by Vehicle Safety Technologies and Associated Federal Motor Vehicle Safety Standards, 1960 to 2012”.
- (4) Mrozek, J.R. and Taylor, L.O., 2002, “What determines the value of life? A meta-analysis”, *Journal of Policy Analysis and Management*, 21(2), pp. 253~270.
- (5) Tanishita, M., Miyoshi, H., and Sano, M., 2007, “Cost-Benefit Analysis of Vehicle Safety Regulations”, In 11th World Conference on Transport ResearchWorld Conference on Transport Research Society.
- (6) 장정아, 심소정, 2017, “초소형자동차의 자동차안전기준에 대한 효과분석”, 한국자동차공학회논문집, 25(2), pp. 190~200.
- (7) 장정아, 심소정, 김영선, 2016, “좌석안전띠 미착용 경고장치의 의무 장착에 따른 효과분석”, 한국 ITS 학회논문지, 15(6), pp. 127~137.
- (8) 도로교통공단, 2019, “도로교통 사고비용의 추계와 평가”, p. 92.