



天然가스 自動車 普及 擴大를 爲한 經濟性 分析과
政策支援 改善에 關한 研究
- 大型 輕油버스를 中心으로

†주길모 · 강승진

한국산업기술대학교

(2017년 11월 1일 접수, 2017년 12월 26일 수정, 2017년 12월 27일 채택)

A Study on Economic Analysis and Improvement Policy Support
for the Expansion of Natural Gas Vehicles
- Focused on the Large Diesel Bus

†Gil-Mo Joo · Seung-Jin Kang

Dept. of Energy Policy, Korea Polytechnic University

(Received November 1, 2017; Revised December 26, 2017; Accepted December 27, 2017)

요약

매년 OECD가 발표하는 대기환경 오염분야에서 우리나라가 최하위를 차지했다. 이에 따른 대책으로 수송 분야에 관심이 집중되었고, 오염도 측정 결과 대형경유 및 노후차량에서 미세먼지 배출가스가 높게 발생하는 원인으로 정부는 발표하였다. 이를 해결하기 위해 정부가 관련부처 합동으로 「미세먼지 관리 특별대책과 종합 대책」을 추진하였다. 환경오염 개선방안으로 시내버스와 전세버스를 대상으로 친환경자동차 전환을 위한 유가 보조금제도를 시행했다. 본 연구에서는 경유버스 대비 천연가스(CNG) 연료전환 시 경제성 평가와 오염물질 배출에 따른 환경비용을 비교분석하였다. 유형별 연료전환 시나리오를 통한 천연가스 차량으로 연료전환을 했을 때 사회적 편익과 환경적 비용을 고려한 정부지원금 정책의 타당성 및 지원금 확대 근거를 제시하였다.

Abstract - According with annual report by the OECD (Organization for Economic Co-operation and Development), South Korea is at the top of the list of countries with bad air pollution (fine dust particles) and the South Korean government announced the cause to be due to the particle emissions of large and old diesel vehicles. To solve this issue, the government (jointly with related ministries), promoted the "Special Measures for Comprehensive Fine Dust Management Program" as a way to improve environmental pollution by reducing the overall output of fine dust particles emitted by public vehicles. The measure implemented a gas subsidy system to convert eco-friendly vehicles of city and chartered buses throughout the country. In this study, we take a look at the economical evaluation, comparison and analysis of the conversion of diesel vehicles to natural gas (CNG) vehicles. This report represent the basis for the need to expand the funds of the subsidy program and reviews the feasibility of the policy by taking into consideration the social and economical benefits and the effect in the environment when converting diesel fuel to natural gas vehicles through the type-specific fuel conversion scenarios.

Key words : pollution, natural gas(CNG), diesel vehicles, eco-friendly vehicles, policy

†Corresponding author:joogilmo@naver.com

Copyright © 2017 by The Korean Institute of Gas

I. 서론

최근 대도시를 중심으로 대기 중 고농도 미세먼지와 유해 배출가스 증가는 도로 수송용 분야에서 큰 비중을 차지하고 있다. 매년 OECD에서 발표되는 대기환경 오염분야에서 한국은 전체 38개 회원국 중 최하위를 차지한 것으로 발표했다.[1]

서울의 미세먼지(PM10) 농도는 2000년 63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 에서 2015년 46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 개선되었지만, 2016년 48 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, 2017년(1~3월)에는 오히려 53 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 증가하는 등 국내 대기 질 수준은 점점 악화되고 심각한 사회적 문제로 다시 관심이 집중되었다.

이에 정부는 2016년 미세먼지 관리 특별대책으로 노후 경유차에 대한 조기폐차와 친환경차로 교체하는 안을 관련 부서합동으로 발표하고, 경유자동차 시장을 대체할 전기차, 수소차, 천연가스(CNG) 자동차 등 친환경자동차 보급 확대차원의 지원금 제도와 유가보조금 제도 시행 등 미세먼지 관리 종합대책을 발표했다.[2]

Table 1. Comparison of the precedented study for natural gas vehicles

저자	제목	관련내용
강광규 (2015) [3]	CNG 버스의 보급정책의 타당성을 검토 연구	CNG와 경유버스에 대한 실제 도로운행 결과 값을 확보하여 노후 경유차의 노후 뒤에 따라 발생할 수 있는 배출가스 문제에 대한 연구결과 타당성 제시
이택희 (2012) [4]	대체연료를 사용하는 자동차의 상호 호환성 연구	천연가스 자동차 보급이 부진한 이유는 충전소 부족과 고가의 차량 판매가 문제점 제시
홍승호 (2007) [5]	천연가스 자동차 보급에 따른 대기오염 개선 효과분석	시내버스 총 배출량을 분석 하였을 때 Sox, PM 100%의 대기오염물질 저감 효과, Nox, CO의 경우 70% 저감 효과, HC는 약 60%의 대기오염 개선효과 분석결과 제시
추장민 외 (2013) [6]	경유 및 CNG 버스 노후화(연식)가 대기오염에 미치는 영향연구	연식별 오염물질 배출시험 결과를 토대로 CNG 버스 보급의 환경성 및 경제성을 평가하여 정책방안 제시

이에 따른 중점분석 내용은 수송용 차량 유가보조금 지급이 확정된 시내버스와 전세버스를 대상으로 기존 CNG 인프라를 활용하여 쉽게 연료전환이 가능한 경유버스를 선정하였다.

기존 선행논문 중 본 연구와 관련하여 비교·분석한 주요 연구사례 내용은 Table 1 과 같다.

천연가스자동차 관련 선행연구들은 대부분 학계와 연구기관을 중심으로 다양하게 많지만 세밀한 배출가스 오염도와 환경비용을 고려한 경제성 분석 실증결과는 부족한 것으로 분석되었다.

본 연구의 목적은 경유버스를 CNG 버스로 연료전환 시 발생하는 연료비용 절감 및 배출가스 저감으로 환경비용이 줄어든 만큼 CNG 연료전환에 대한 정부지원금 확대로 친환경자동차 확대방안을 제시하고자 한다.

따라서 본 연구에서는 경유 차량과 CNG 차량을 순수하게 비교 분석한 경제성 평가와 두 차량에서 발생하는 배출가스에 대한 6대 대기오염물질(CO, HC, NOx, PM, SOx, CO₂)을 환경비용으로 산출하였다. 경제성을 평가한 결과를 대비한 CNG 연료전환 차량에 지원되는 정부 유가보조금 적정성과 타당성을 제시한 점이 기존 연구과 다른 차이점이다.

본 연구진행의 흐름도는 다음과 같다.

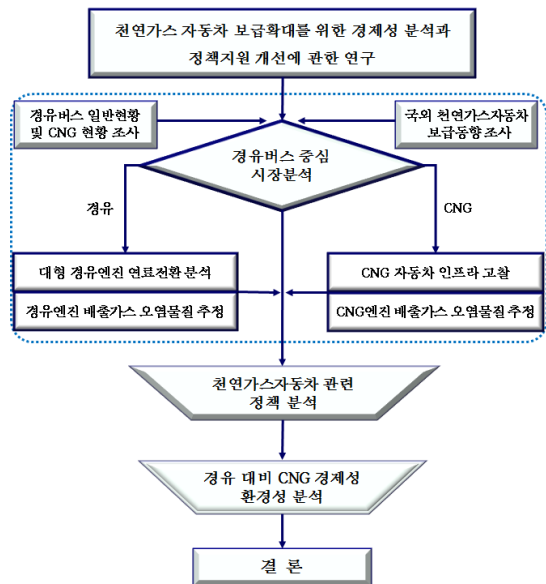


Fig. 1. Research progress flow chart.

II. 천연가스 자동차 현황 및 버스 유형별 차량 분석

2.1. 천연가스 자동차 운행 현황 [7]

국내 NGV 등록 대수는 2016년 10월 기준 39,245대이다. 운행 중인 천연가스자동차의 종류로는 CNG, LNG, CNG 하이브리드가 있으며, 대부분 CNG 시내버스 위주로 운행되고 있다.

연도별 천연가스 등록대수를 보면 2011년부터 2014년까지 매년 천연가스자동차 등록대수가 꾸준히 증가하였지만, 2014년 이후 감소하고 있는 상황이다.

이는 국제유가 하락에 따른 상대적 연료가격 경쟁력 약화와 영업용 경유 차량에 대한 지속적인 유가보조금 지급, 국내 천연가스 요금에 대한 미수금 정산단가 가산 등에 의한 외부적 요인이 작용했던 것으로 판단된다.

국내 전세버스 99,522대중 천연가스버스는 34.8% 운행 중이며, 현재 전국에서 운행 중인 38,713대의 전세버스의 경우 천연가스버스의 비율은 약 1%로 보급률이 매우 저조한 상태이다.[8] 그러므로 전세버스가 최우선 친환경자동차로 연료전환이 이루어져야 될 대상으로 판단된다.

2.2. 버스 유형별 운행 차량 현황

버스의 경우 “여객자동차 운수사업법 시행령 제 40조 1항”에 의하여 차량을 9년으로 제한하고 있다. 차량 종료 후 6개월마다 「자동차관리법」 제43조 제1항 제4호에 따른 임시검사를 받아 최장 2년까지 연장하여 총 11년간 운행할 수 있다.[9]

최근 CNG차량의 유가보조금 지급 대상을 노선버스운송사업자와 전세버스운송사업자로 확정되어 시행되었으므로 친환경 에너지로 연료전환 대상은

Table 2. Domestic NGV registration status

(단위:대)

구분	2011	2012	2013	2014	2015	2016
승용	4,084	6,812	7,770	8,171	7,511	7,298
승합	27,310	29,025	30,755	31,100	31,115	30,679
화물	1,052	1,179	1,227	1,257	1,269	1,265
특수	0	3	3	3	3	3
합계	32,446	37,019	39,755	40,531	39,898	39,245

파악하기 위하여 전국에서 운행하는 버스별 차량을 조사하였다.

조사결과 전세버스 차량현황을 살펴보면 서울, 경기지역에 16,207대로 전국의 전세버스의 약 42%를 점유하고 있다. 그 중 경기지역에 33% (12,701대)로 집중되어 있다.1)

III. 천연가스자동차 관련 보조금 분석

3.1. 천연가스자동차 유가 보조금 지급 대상

CNG차량 유가보조금 지급 내역을 살펴보면 노선버스는 부과세액 100%를 지원하지만, 전세버스는 부과세액의 절반(50%)을 지원한다.[11]

천연가스 유가보조금 지급대상은 노선버스(시내버스, 시외버스, 농어촌버스, 마을버스) 과세액 100% (67.25원/N^m)를 보조금으로 지급하고, 일반 전세버스는 과세액의 50%(33.62원/N^m)을 지급한다.[12] 천연가스에 부과되는 세금내역은 관세(8.26원/N^m), 개별소비세(33.53원/N^m), 수입판매부과금(19.35원/N^m), 부가세(6.11원/N^m)를 더하면 세금 총액은 67.25원/N^m이다.

3.2. 천연가스자동차 구입 보조금 현황

천연가스 버스 및 천연가스 청소차를 신규 구입하고자 하는 자에게 차량 1대 구입 시 해당 구입보조금을 지원한다.

CNG하이브리드 버스는 특별·광역시를 중심으로 보급 지원하며, CNG버스의 경우 특별·광역시의

Table 3. Table of bus types by model year [10]

출고	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14	'15
차령	9년	8년	7년	6년	5년	4년	3년	2년	1년
시내	3,415	3,929	4,125	3,962	2,846	3,051	3,124	2,714	3,527
농촌	169	168	183	193	160	172	170	196	243
시외	820	631	658	612	670	538	654	770	1,017
마을	295	615	380	378	366	401	466	468	460
고속	116	106	183	282	252	211	301	183	153
전세	2,571	4,724	3,316	2,929	3,918	4,373	4,534	5,200	5,262

1) 한국천연가스 차량협회통계자료(2007.01)

Table 4. Subsidies data for Purchasing Natural Gas Vehicles

구 분	지원금		
	국 비	지방비	합 계
대형버스 (배기량 11,000cc 이상)	600만원	600만원	1,200만원
CNG 하이브리드버스	3,000만원	3,000만원	6,000만원
중형버스 (배기량 11,000cc 미만)	350만원	350만원	700만원
대형청소차 11톤급 (배기량 11,000cc 이상)	2,100만원	2,100만원	4,100만원
중형청소차 5톤급 (배기량 11,000cc 미만)	1,350만원	1,350만원	2,700만원

운영 중 경유버스를 CNG 버스로 전환시 CNG 구매보조가 가능하며, 시내버스는 CNG하이브리드 버스를 중심으로 지원한다. 이외 지역은 용도와 상관없이 노선버스를 CNG 버스로 구입할 경우 아래와 같이 모두 신규 구입비용을 지원한다.

천연가스 버스를 신규로 구입 시 부가가치세 10%와 취득세 3.4%, 수입관세 50%를 세제감면의 혜택을 시내버스에 한정하여 지원한다.

3.3. 천연가스 충전소 설치 용자금 보조 현황

천연가스 차량 충전소(고정식)를 설치하는 사업자에게 최대 30억원의 용자금을 5년 거치 10년 분할상환(2017년 기준 금리 1.72%) 조건으로 금융지원을 한다.

그리고 투자비의 3% 법인세를 감면받는 혜택을 받는다.2)

IV. 경유 & CNG 버스 연료 특성 분석

4.1. 교통부분(버스) 미세먼지 발생 오염도

2016년도 미세먼지 영향 연구결과를 보면 교통부분이 37%를 차지하고 있다. 따라서 경유버스의 미세먼지(PM10) 배출량은 경유승용차의 46배, 질소산화물(NOx) 163배 높게 나타났다.[13]



Fig. 2. Fine dust breakdown (by type) in air pollution.

4.2. 경유엔진과 CNG엔진의 성능비교 시험

경유엔진 대비 CNG엔진 시험결과 성능이 자동차 제작사의 공칭치³⁾ 이상으로 나타나고 있어 개조엔진의 성능은 경유엔진 대비 동등수준으로 달성 가능하다고 판단된다.

다만, 경유엔진과 비교로는 미미한 열세를 보이거나 경유엔진의 배출가스과다(PM 초과)를 고려하면 CNG엔진의 출력은 경유엔진과도 성능은 동등수준인 것으로 판단된다.

최대 출력의 경우 엔진동력계 상에서 측정한 배출가스 결과를 통해 경유엔진 대비 CNG엔진의 배출가스 저감율을 나타내었다.

경유엔진 대비 CNG엔진의 배출가스 저감율은 CO는 84% 저감되었으며, NOx는 47%, PM은 100% 저감되었다. 다만 HC의 배출량은 0.036g/kWh에서 0.069g/kWh 92% 증가하는 결과를 보였다.[14]

4.3. 경유버스와 CNG버스의 오염물질 배출량 및 환경비용 분석

일일 평균주행거리 시험은 경기도권역에서 운행하는 일반버스를 대상으로 운행분석 실시한 결과 166.6Km/day를 적용하고, 월 주행일수는 25일 기준으로 연간 300일 운행(50,000km) 기준으로 배출량을 산출하는 식은 아래와 같다.[15]

$$\text{배출량} = \text{오염물질별 배출계수(g/km)} \times \text{일평균(kg/대·년)} \text{주행거리(km/일·대)} \times 300\text{일(연간운행일수)}/\text{년} \times 0.001(\text{kg/g})$$

경제성 분석에 적용된 기준 연비와 연료 사용량은 다음과 같다.

2) 법령근거 : 대기환경보전법, 여객자동차운수사업법 (유가보조 지원주체 : 환경부, 국토교통부)

3) 공칭치(공칭값) : 계전기의 제작자가 표시한 계전기 특성의 기준치

Table 5. Annual fuel types comparison of distances traveled, fuel consumption and efficiency

연간주행거리(km)	버스 연비		연간 연료사용량	
	경유 (km/ l)	CNG (km/m ³)	경유 (l)	CNG (m ³)
50,000	3.5	3.0	14,285	16,666

* 경유, CNG연비 : 경기도 시외버스사 도로주행 테스트 결과
 실험기간 : '17.1.1.-'17.1.31.(서울CNG(주))

Table 6. Social cost estimate due to air pollution [16] (단위: 원/kg)

구분	PM2.5			NOx
	Rural	Suburba	Urban	
2015년 기준	117,009	174,967	451,284	45,971
구분	CO	NMVOC	SO2	CO ₂
2015년 기준	27,719	2,825	37,459	17

* 주 : Rural - 150명/km², Suburban - 300명/km², Urban - 1,500명/km²

배출오염 규제기준 환경성 평가는 현재 운행 중인 경유버스를 CNG 버스로 연료전환 실시에 따라 발생하는 대기오염물질 배출 저감량을 현금가치로 환산한 결과는 Table 6과 같다. 오염물질별 사회적 한계비용 산출에 필요한 환경비용 산출 식은 다음과 같다.

$$\text{환경비용(원/대)} = \text{연료별 오염물질 배출량(kg/대)} \times \text{오염물질별 사회적 한계비용(원/kg)}$$

EC(2014) 자료의 오염물질 사회적 비용과 함께 연구에서는 EC(2014) 자료를 토대로 나라별 1인당 GDP, 자동차수, 인구수 중 오염물질별로 유의미한 변수를 적용하여 오염물질별 사회적 비용을 추정했다.⁴⁾

Table 7. Annual pollutant emissions by bus types [17] (단위: kg/년.대)

구분	CO	HC	NOx	PM	SOx	CO ₂
경유버스	47.425	15.565	637.755	1.595	13.5	36,050
CNG버스	16.620	19.075	409.62	-	-	35,125
경유-CNG	30.805	-3.51	228.135	1.595	13.5	925

Table 8. Annual social cost of pollutants by bus (단위: 원/년.대)

구분	경유버스	CNG버스	증감량 (경유-CNG)
CO	1,314,564	460,686	853,878
HC	43,970	53,886	-9,916
NOx	29,318,235	18,830,641	10,487,594
PM	863,240	0	863,240
SOX	505,696	0	505,696
CO ₂	596,627	581,318	15,309
합계	32,642,332	19,926,531	12,715,801

자동차 배출가스 규제대상에서 제외된 이산화탄소(CO₂)에 대해서 사회적 한계비용이 필요하다. EC 자료에서는 CO₂에 대한 피해비용을 제시하고 있지 않기 때문에 CO₂의 사회적 한계비용은 17원/kg을 적용하여 산출하였다.⁵⁾

배출오염 규제기준 환경성 평가는 현재 운행 중인 경유버스를 CNG 버스로 연료전환 실시에 따라 발생하는 대기오염물질 배출 저감량을 현금 가치로 환산한 결과는 Table 8과 같다. 오염물질별 사회적 한계비용 산출에 필요한 환경비용을 산출한다.

오염물질별 사회적 비용을 산출한 결과 경유버스는 연간 32,642,332원/년, 전소용 CNG버스는 19,926,531원/년의 사회적 비용이 발생되었다.

사회적 비용만 비교했을 때 CNG버스는 경유버스 대비 연간 12,715,801원/년의 환경편익이 발생한다.

- 4) 강광규(2015년) “대기오염물질 사회적 비용 재평가 연구, 한국자동차환경협회”의 연구
- 5) CO₂의 사회적 한계비용, 국내의 배출권 거래가격 (2016년 8월 기준 공시가격 17원/kg)

Table 9. Cost-effectiveness of testing systems
(단위: 원/년)

운행 MODE		평균연비	소모연료량	연료비	총 금액
디젤	Diesel	3.7Km/ l	72 l	92,016	92,016
CNG 혼소	Diesel	4.81Km/ l	25 l	31,950	56,750
	CNG		40N ^m	24,800	
운행거리 : 26Km 주행절감 금액				35,266 (132원/Km 절감)	
디젤대비 혼소 연료 절감율				38.3%	

* 혼소시스템 시험결과는 단순운행 비교 값이므로 차량운행 조건과 차량성능에 따라 경제성이 달라질 수 있다.

Table 10. Social and environmental benefits and cost effectiveness of CNG vehicles.
(단위: 천원/대.년)

구 분		경유버스	CNG버스	차액(경유-CNG)
연료 비용 (내부)	유가보조금 제외	16,314	12,761	3,552
	유가보조금 적용	10,884	11,640	-755
환경비용(외부)		32,642	19,926	12,715
사회적 총비용	유가보조금 제외	48,956	32,687	16,269
	유가보조금 적용	43,526	31,566	11,960

* 유가보조금 지급기준(2017.06) : 경유(380.09원/l), CNG(67.25원/m³)

4.4. 경유 & 천연가스 혼소 시스템 시험평가 [18]

혼소 시스템 시험은 천연가스 연료보조금 인화 반영 예상가격으로 설정하여 경제성을 평가했다. 총회 운행연비를 기준으로 현 유가를 반영하여 동일한 500Km 운행 시 연료비용 산출 경제성 평가한 결과는 Table 9와 같다. 경유 차량보다 혼소시스템 운영이 38% 연료 경제성이 뛰어난 결과를 나타냈다.

Table 11. Comparison table of annual fuel cost savings by buses
(단위: km, 원)

평균주행거리		경유버스	CNG버스	차액 (경유-CNG)
1일	166.6	54,358	42,521	11,837
1년	50,000	16,314,000	12,761,500	3,552,500
5년	250,000	81,570,000	63,807,500	17,762,500
9년	450,000	146,826,000	114,853,500	31,972,500

* 1일 평균 주행거리: 166.6km(서울CNG(주) 주행실험), 주행원가 : 경유-326.28원, CNG-255.23원(미보조 기준)
* 1년 주행일: 300일/년 운행
연간 버스별 연료비(원) = [연간주행거리(km) / 연비(km/l, km/m³)] × 연료 가격(원/l, 원/m³)

4.5. 경유 대비 CNG 사회적 환경비용 편익 분석

CNG 버스의 사회적 편익효과 분석은 연료비 절감에 따른 내부비용의 경제적 편익에 외부비용의 환경편익을 더하여 총 비용을 산출하였으며 CNG 자동차 1대가 연간 50,000km(월4,166.6km)을 운행함에 따라 발생하는 운송사업자에서의 CNG자동차의 대당 사회적 편익 효과는 Table 10과 같다.

유가보조금 제외의 사회적 총비용 편익효과는 연간 16,269천원, 유가보조금지원의 경우는 사회적 총비용 편익효과는 연간 11,960천원으로 분석되었다. 따라서 CNG자동차의 대당 사회적 총비용편익 효과는 유가보조금 제외의 경우가 보조금 적용 시 보다 효과가 더 높은 것으로 분석되었다.

4.6. 연료전환 수익성 평가

연료비용 분석은 경제성 평가를 위한 분석항목 중 하나로 기초 값 설정에 매우 중요한 요소이다. 일일주행거리 및 연비측정과 연료가격에 따라 분석결과에 미치는 영향이 크다. 그러므로 연간 주행거리 표준설정을 적용 할 정확한 데이터로 연료비를 Table 11과 같이 산출한다.

V. 경유 및 CNG 버스의 경제성 분석

5.1. 경제성 분석방법

본 연구에서 경제성 분석은 순현재가치(Net Present Value: NPV)법을 활용하였다.

분석에서 순현재가치 평가방법은 유가보조금 지원조건과 연료전환 개조비 지원조건을 유형별 조

건에 연간 연료비용 절감비용을 년차별로 할인율(5.5%) 적용하여 현재가치를 산출한 값이 투자대비(+)면 경제성이 있다고 평가한다.

아래 식에서 상첨자 1은 경유버스를 운행한 경우, 상첨자 2는 CNG버스를 운행한 경우이다.

$$NPV^1 - NPV^2 = (I_0^1 - I_0^2) + \sum_{t=1}^T \frac{C_t^2 - C_t^1}{(1+r)^t} - \sum_{t=1}^T \frac{B_t^2 - B_t^1}{(1+r)^t}$$

- NPV1 > NPV2 이면 경유 버스가 더 효율적으로 평가
- NPV1 < NPV2 이면 CNG 버스가 더 효율적으로 평가

$$\text{순현재가치}(NPV) = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+r)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+r)^t}$$

또한, 내부수익률(IRR) 평가방법은 경유 차량이 CNG 연료로 전환 작업 시 유가보조금 지원조건과 개조비용 지원조건을 유형별 선택 평가에서 년차별 IRR 값이 투자 할인율보다 크면 경제성이 있다고 평가한다.

$$NPV = -CF_0 + \frac{CF_1}{(1+IRR)} + \frac{CF_2}{(1+IRR)^2} + \frac{CF_3}{(1+IRR)^3} + \dots + \frac{CF_N}{(1+IRR)^N} = 0$$

순현재가치를 0으로 만드는 할인율이며, 내부수익률이 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단하여 투자를 결정한다.

5.2. 경제성 분석기준

1) 분석대상 선정

대형 경유버스를 중심으로 전세버스는 그동안 유가보조금 대상에서 제외되어 운송사는 사업자 측면에서의 경유사용 연료비 부담을 컸다. 그러나 2017년 7월 1일부터 노선버스 및 전세버스에도 천연가스 유가보조금 지급을 받을 수 있어 경유대비 천연가스의 경제성이 우수함으로 전세버스 사업자 측면의 수익성과 사회적 측면, 환경적 편익을 고려하여 대형 경유차량 중 전세버스를 중심으로 연료 전환 대상을 선정했다.

2) 오염물질 배출량 및 할인율 적용 기준

기준 데이터는 KEI(2013)⁶⁾에서 시험한 경유 및

CNG버스의 실험결과를 활용하여 추정한다.

할인율은 KDI의 공공투자사업 예비타당성 분석에서 사회적 할인율 5.5%⁷⁾을 적용한다.

3) 경유버스 차량분석 기준

개조차량의 사용연한은 차량연식에 따라 개조 후 잔여기간의 경제성 차이가 있으므로 최소 차량이 5년 이상까지 남아있는 경우를 대상으로 한다.

5.3. 분석유형 시나리오 설정 경제성 평가

사업자 수익성 분석 결과를 토대로 CNG 개조사업의 활성화를 위한 3가지 유형을 설정하여 분석하였다. 첫째, 정부의 지원이 전혀 없이 순수한 경유 연료 대비 CNG 연료전환으로 비교분석을 한다.

둘째, 정부지원 없이 대기오염 배출로 인한 환경비용을 적용하여 경제성 비교분석을 실시한다.

셋째, CNG차량 보급확대를 위한 적정보조 규모를 반영한 연료전환 개조비(50%) 일부지원금과 천연가스의 유가보조금(100%) 지급 할 경우를 가정하여 경제성을 분석한다.

경유버스 대비 CNG버스의 경제성은 NPV가 (+)일 경우 경제성이 있다고 판단하며, 반대로 NPV가 (-)인 경우는 경제성이 없는 것으로 판단한다. 또한 내부수익률(IRR) 분석을 통한 사회적 할인율보다 크면 경제성이 있다고 판단한다.

1) 유형 I : 경유 대비 CNG 자체를 비교 (보조금 지원이 없을 시)

분석결과 NPV 수익성 평가결과 8년차에 663,241원 수익이 발생하나, 내부수익률(IRR) 분석결과 9년 동안 경제성이 (-)%로 낮았다.

CNG 연료전환 개조사업을 정부의 지원 없이 현재 연료가격 조건하에 추진하기에는 운수사업자가 경제성이 없어 CNG 개조는 불가능한 수익성 수준이라 볼 수 있다.

경유 차량을 CNG 전소용으로 개조하는 초기비용이 22,000,000원(부가세 포함) 소요된다.

연차별 CNG버스의 수익성 분석을 Table 12와 같이 살펴보면 CNG 개조사업은 현재의 연료가격(CNG가 경유가의 67% 수준) 조건 하에 사업자의 자발적인 연료전환은 기대하기 어려운 사업자 경제성을 나타내는 결과이다.

6) KEI(2013), "경유 및 CNG 버스 노후화(연식)가 대기오염에 미치는 영향 연구"

7) KDI, 투자사업 타당성조사 세부기준 마련연구(2013.11) : 예비타당성조사의 사회적 할인율 5.5%를 적용

2) 유형 II : 대기오염 환경비용 반영 비교 시
경유차량 대비 CNG차량 오염물질 연간 사회적
환경비용을 반영한 비교분석을 Table 13과 같이 살
펴보면 유가보조금 및 연료전환 개조비용 지원 없이

Table 12. Analysis of annual cost savings of CNG buses (excluding government subsidies)
(단위: 원)

연차	버스 개조비용	연료 절감비	내압용기 검사료	현재가치 (NPV)	IRR 분석
1	22,000천원	3,552,500		-18,447,500	- %
2		3,367,299		-15,080,201	- %
3		3,191,752		-11,888,449	- %
4		3,025,358	539,000	-9,402,092	- %
5		2,867,637		-6,534,454	- %
6		2,718,140		-3,816,314	- %
7		2,576,436	539,000	-1,778,879	- %
8		2,442,119		663,241	- %
9		2,314,805		2,978,046	- %

* 초기투자 : 22,000,000원 소요 및 년차별 용기 검사비용 적용.

**“-%”표시는 -100%이상 음의 값이므로 나타내지 않았음.

Table 13. Analysis of annual cost savings of CNG buses (Including environmental costs)
(단위: 원/년)

연차	버스 개조비	연료 절감비	환경비용	내압용기비용	현재가치 (NPV)분석	IRR분석
1	22,000천만	3,552,500	12,715,801		-5,731,699	- %
2		3,367,299	12,052,892		9,688,492	69.03%
3		3,191,752	11,424,542		14,616,294	165.19%
4		3,025,358	10,828,950	539,000	27,931,602	205.02%
5		2,867,637	10,264,407		41,063,647	218.96%

* 경유 대비 CNG차량 오염물질 연간 사회적
환경비용 : 12,715,801원/년

순수한 환경비용만 반영한 결과, 1년차에는 NPV가 (-)로 경제성이 없는 것으로 나타나지만, 2년차부터는 NPV가 (+)로 전환되면서 968만원의 수익이 발생하여 경제성이 있는 것으로 분석되었다.

경유 대비 CNG의 환경편익 비용이 매우 크므로 IRR 분석결과 2년차에 69%로 사회적 경제성이 우수한 결과로 분석되었다.

기존 운행 중 경유버스를 개조하여 5년간 운행할 경우를 가정하여 정부 보조금이 전혀 없는 연료 비용 절감상태와 경유 대비 천연가스 전환 환경비용을 포함한 분석결과는 지원이 없을 시 조건은 차량 9년 동안 경제성이 전혀 없다. 그러나 환경비용을 경제성 분석에 포함한 결과는 2년차에 수익과 경제성이 발생하므로 사회적 보상차원에서 환경비용 적용만큼 정부지원금이 필요하다.

3) 유형 III : CNG보급 확대를 위한 적정 보조금 반영 시

천연가스에 부과되는 세금의 100%를 유가보조금으로 지급되면 CNG가격은 현재보다 67.25원/㎥ 하락한 632.45원/㎥이 된다. 동시에 경유 차량을 CNG 연료전환 개조비용에 대한 지원금 50%가 보조되면 경유대비 CNG버스의 경제성은 우수하게 평가 될 것으로 예상된다.

CNG버스의 연차별 수익성을 분석한 결과 개조 후 1년차에는 NPV가 -5,227천원으로 경제성이 없는 것으로 나타나지만, 2년차부터는 NPV가 244천원으로 (+)전환되면서 경제성이 있는 것으로 분석되었으며, 법정내구연한인 9년 동안 운행 했을 때, CNG버스는 경유버스 대비 30,261천원의 수익성이 있는 것으로 확인되었다.

Table 14. Comparison between inclusion and exclusion of appropriate subsidies.
(단위: 천원)

구분	정부지원 없을 시		유가보조 100%, 개조비 50%(11,00만원) 지원 시		
	NPV 분석	IRR 분석	NPV 분석	IRR 분석	
연차	1	-18,447	- %	-5,227	- %
	2	-15,080	- %	244	-95.33%
	3	-11,888	- %	5,430	4.29%
	4	-9,402	- %	9,807	52.89%
	5	-6,534	- %	41,063	75.67%

Table 15. Table for environmental cost benefits after chattered buses conversion.

(단위: 대, Ton)

전세 버스	배출 가스	년간 배출량	5년간 배출량	년간 환경편익	5년간 환경편익
38,713	CO	30.8	154	4,922 억원	24,613 억원
	HC	-3.5	-17.5		
	NOx	228.1	1,140.5		
	PM	1.59	7.95		
	SOx	13.5	67.5		
	CO2	925	4625		

* 오염물질 연간배출량 : 경유-CNG <Table 7> 기준

* 연간 사회적 비용 : 경유-CNG <Table 8> 기준
12,715,801원/대

유가보조금이 100% 지급되고 연료전환 개조비용 50% 지원을 설정한 IRR 분석결과는 3년차에 4.29%의 경제성을 나타냈으므로 환경비용을 고려하지 않은 결과이며, CNG 차량 보급 확대를 위한 정부의 적정한 지원금은 유가보조금 100%와 연료전환 개조비용 50% 지원이 바람직하다고 판단된다.

5.4. 경유 전세버스를 CNG로 연료전환 시나리오 설정 효과 분석

Table 3 버스별 차령현황에서 전세버스를 대상으로 2013년 등록차량 4,534대중 453대(10%), 2014년 등록차량 5,200대중 1,560대(30%), 2015년 등록차량 5,261대중 2,631대(50%)를 연료전환 대상으로 가상 연료전환 시나리오 설정하여 2018년도부터 2020년까지 순차적으로 차령별 실시한 5년 동안 운행결과를 효과분석 평가해본다.

CNG 연료전환 개조사업을 3년간 4,644대 개조 지원 시 정부 보조 금액인 사회적 비용은 총 981억원이 발생하였으며, 환경편익인 사회적 편익은 2,952억원이 발생하였다.

이는 정부지원의 CNG버스 전환사업의 개조비 지원 및 유가보조금 지원은 1,971억원의 순편익 발생으로 지원의 타당성이 확인되었다.

특히, 미세먼지 저감효과로 경유 전세버스 4,644대가 CNG버스로 전환 시 유해배출물인 PM은 약 37톤, NOx는 약 5,296톤⁸⁾이 5년간 운행 시 저감될 것으로 기대됨에 따라 국내 대기질 개선 효과도 나

타날 것이다.

국내에서 운행 중인 경유 전세버스 38,713대 전체를 천연가스 버스로 전환 시 환경편익을 분석한 결과 연간 4,922억원 발생하며, 운행기간 5년 동안 2조 4,613억원 환경편익이 발생 할 것으로 Table 15와 같이 분석되었다.

VI. 결론

6.1. 결론

최근 우리나라는 대기 환경오염이 악화되는 현실에서 이를 개선하기 위한 정부정책 중 CNG 버스에 대한 유가보조금 지급이 결정되었다.

이는 미세먼지 저감을 위한 수송분야에서 경유 버스 대비 천연가스 연료가 환경분야에서 월등하기 때문에 정부가 지원하는 것이다.

배출가스에 대한 6대 대기오염물질(CO, HC, NOx, PM, SOx, CO₂)을 환경비용으로 산출한 결과오염물질별 사회적 비용이 경유버스는 연간 32,642,332원, CNG버스는 19,926,531원/대/년이 발생되었다.

사회적 비용만 비교했을 때 CNG버스는 경유버스 대비 연간 12,715,801원/대/년의 외부비용 환경편익이 매우 크게 발생한다.

시나리오 유형 I의 분석결과 보조금이 전혀 없이 경유 대비 CNG를 비교 분석한 결과는 9년 동안 운행해도 경제성이 없는 것으로 나타났다.

그러나 유형 II는 유가 보조금 지원 없이 환경비용을 적용한 분석에서는 2년차부터 수익성이 발생했고, 유가 보조금 100%와 연료전환 개조비용을 50% 지원만 시행하면 3년차에 내부수익율이 4.29% 발생하므로 사업자 측면에서는 유형 III의 지원금 보조 규모가 적절하다고 판단된다.

따라서, 경유연료 전세버스를 시범적으로 차령별 연료전환 사업추진이 바람직하며, 기존 CNG 충전 인프라를 활용 가능한 38,713대의 전세버스를 천연가스차량으로 교체를 가정하면, 사회적 비용은 4,447억원이 소요되지만, 사회적 편익은 4,922.4억원 발생하여, 사회적 순편익이 연간 222.1억원 발생 할 것으로 예상된다.

환경비용 측면에서도 경유 전세버스 전체가 천연가스로 전환 시 환경오염 배출물인 미세먼지(PM)가 61.5톤, 질소산화물(NOx)은 8,829톤, 이산화탄소(CO₂) 35,809톤 등이 연간 저감되어 국내 대기질 개선에 기여할 것으로 판단된다.

8) 경유에서 천연가스로 전환시 PM 저감량 1.474kg/대/년, Nox 저감량 210.797kg/대/년

또한 차량이 4~5년 경과된 디젤 대형버스를 천연 가스(Natural Gas)와 디젤을 함께 사용하는 혼소 system으로 간단하게 구조변경을 실시하는 방법도 대기환경을 개선하는 효과가 클 것이다.

경유대비 경제적인 연료사용의 비용절감을 38% 이상 연비향상 시험결과와 CNG 충전의 애로사항도 해결 가능한 장점도 있으므로 환경오염 개선정책 대안이 될 수 있다고 판단된다.

향후, 세일가스 수입에 따른 가격인하와 국제유가 상승으로 인한 경유대비 천연가스의 가격경쟁력이 좋아져 연료비 수익성 및 경제성이 더욱 좋아질 것으로 예측되며, 수송용 차량이 전기차 또는 수소차 등 무공해 차량으로 전환되는 시점까지 천연가스(CNG) 연료가 중추적인 가교역할을 담당할 수 있는 에너지라고 평가된다.

결론적으로 경유버스를 천연가스로 연료전환 시 발생하는 환경비용이 경제성 분석결과 매우 큼으로 사회적 경제성을 고려한 사업자 경제성을 보상하는 차원에서 연료전환 개조비용 지원금 확대검토가 필요한 시점이다.

6.2. 정책제언

첫째, 기존에 축소 및 폐지된 CNG 보조금 예산 확대가 필요하다. 2014년 CNG버스 보조금 예산 262억원에서 2015년에는 73억원 감소한 189억으로 다음년도는 148억(16) 그리고 150억(17)으로 전년도와 비슷하게 지원되었다. 향후 천연가스 자동차 보급 활성화를 위한 증액이 반드시 재검토가 필요하다. 그 이유는 '18년 중 예상 대폐차 금액이 228억원(3,792대) 소요될 것이다.

따라서, 천연가스 유가보조금(67.25원/Nm³) 지원정책도 지속적으로 유지와 확대를 제안한다.

둘째, 국내 자동차 제작사는 CNG 시내버스 및 일부 청소차 중심의 차종 개발만 생산하고 다른 차종은 사회적 관심이 부족하다.

천연가스 전소용 차량 중 고마력 대형 엔진개발 및 시범사업 등 적극적인 지원과 연구개발 추진사업을 제안한다.

셋째, 지방자치단체는 통근, 통학차량을 친환경 자동차로 의무화 제정 추진과 공공기관 전세버스 입찰 시 친환경차량만 참여하는 의무화 조례제정을 제안한다.

6.3. 연구의 한계 및 향후 연구과제

본 연구에서는 경유버스 유가보조금 경우도 천연

가스 유가보조금과 동일한 조건에서 경유 버스의 전체를 대상으로 보조금 경제성 평가를 실시하여야 하나 유류세 차별 및 유가보조의 사회적비용 산출 등 한계를 보여서 현재 천연가스 유가보조금 지원이 확정된 전세버스를 대상으로 연료비와 차량 구입비, 연료전환 개조비등 국한된 경제성 평가로 연구 분석하였다.

향후 전체 경유차량을 대상으로 각종 세금을 포함하여 천연가스와 종합적 환경편익 연구가 필요하다. 또한 기존 운행 중인 대형 경유차 및 전세버스를 대상으로 CNG & 경유 혼소System 엔진개조와 연료전환 시 환경편익을 고려한 경제성 효과분석을 실제 도로주행 연비측정과 정확한 배출가스 오염물질 측정으로 경제성 분석을 향후 연구과제로 제시한다.

REFERENCES

- [1] OECD(2016) Better Life Index report
- [2] Ministry of Environment Report "Special Measures for Fine Dust Management"(June 3, 2016)
- [3] Kang Kwang-gyu (2015.12), "Euro-6 and CNG bus environment and economic analysis", Korea Institute of Environmental Policy and Evaluation, Policy Research Report
- [4] Lee, Tae-hee (June, 2012), "Study on Interoperability of Automobiles Using Alternative Fuels"
- [5] Hong, Seung-Ho (2008), "Analysis on the Improvement of Air Pollution Effect by Supply of Natural Gas Vehicle: Focused on Daegu Metropolitan City", Master's Thesis, Yeungnam University
- [6] Korea Gas Institute (2013), Rationalization of CNG Vehicle Role Sharing Policy
- [7] Minister of Land, Infrastructure and Transport (2016), Domestic NGV registration status
- [8] Korea Natural Gas Vehicle Association, <http://www.kangv.org/>
- [9] National Law Data Center <http://www.law.go.kr>
- [10] National Bus Transportation Association (2016)
- [11] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs (2017.06) announced the promotion policy of natural gas vehicles.

- [12] Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, Public Vehicle Transportation Business Act, Public Vehicle Oil Price Subsidy Guidelines (2017.06).
- [13] Ministry of Environment (2016), National Assembly Budget Office, "Report in fine dust pollution"
- [14] Korea Energy Agency (2017.01) Commercialization of Large Diesel Vehicles for Natural Gas Conversion Technology Application
- [15] Seoul CNG (2017) driving test result data
- [16] Update of the Handbook on External Costs of Transport (Ricardo-AEA, 2014)
- [17] Ministry of Environment (2013. 12), "Study on the effect of durability of diesel and CNG buses with air pollution"
- [18] Eco-Plus (2017.06), examination data