

교통부문 오염물질 저감을 위한 경유 대체연료 화물차 보급 방안*

Plan for an Alternative to the Use of Diesel Fuel by Trucks to Reduce Pollutants in the Transportation Sector

한진석**

Jin-seok Hahn

요약: 본 연구에서는 교통부문 오염물질 저감을 위하여 경유 대체연료 화물차에 대한 보급 타당성을 분석하였다. 경유 대체연료로는 소형 톤급의 경우 LPG를, 중·대형 톤급의 경우 LNG를 고려하였으며, 해당 연료 차량의 보급 타당성은 경제성 분석과 수익성 분석을 통하여 판단하였다. 경제성 및 수익성 분석 결과 경유 대체연료 화물차는 모두 경제성 및 수익성을 확보하는 것으로 검토되었다. 본 연구에서는 이러한 결과를 토대로 경유 대체연료 화물차의 공급과 수요가 원활하게 이루어질 수 있는 방안을 함께 제시하였다.

핵심주제어: 경유 화물차, 경유 대체연료 화물차, 경제성, 수익성

Abstract: In this feasibility study, a feasibility study of alternative fuels to replace the use of diesel fuel by trucks was conducted to reduce pollutants in the transportation sector. Liquefied petroleum gas (LPG) was considered used for small tonnage class trucks, and liquefied natural gas (LNG) was considered used for the medium to large-tonnage class of trucks. The availability and affordability of these two types of fuel for trucks were determined and analyzed from both an economic and profitability perspectives. As a result of these analyses, it was determined that the use of these alternatives relative to the use of diesel fuel by trucks met both the economic feasibility and profitability requirements. Based on these findings, this study presents reasonable alternatives to the use of diesel fuel by both small-tonnage trucks and medium to large-tonnage trucks.

Key Words: Diesel Truck, Alternative Fuel Truck, Economic Feasibility, Profitability

* 본 논문은 한국환경정책·평가연구원 보고서인 '육상화물운송수단의 미세먼지 및 온실가스 저감 방안 연구'를 학술논문 형태로 재구성한 글임을 밝힌다.

** 한국환경정책·평가연구원 연구위원

I. 서론

전 세계적으로 교통부문의 대기오염물질 및 온실가스 감축을 위한 노력이 강조되고 있다. 국내에서도 2019년 11월에 수립한 「미세먼지 관리 종합계획」, 2018년 7월에 수립한 「2030년 국가 온실가스 감축목표 달성을 위한 기본 로드맵 수정안」 등을 통하여 교통부문 오염물질 감축 정책을 추진하고 있으며, 국내 관련 정책은 크게 친환경차 보급과 경유차 수요 억제로 구분 가능하다.

친환경차 보급은 2004년에 제정된 「환경친화적 자동차의 개발 및 보급 촉진에 관한 법률」에 근거하여 2005년부터 친환경차 구매 지원을 추진하고 있으며, 2015년부터 전기차 구매보조금을 전국적으로 확대하는 등 친환경차 보급 확대를 위한 노력을 강화하였다. 다만 국내 친환경차 시장은 아직까지 승용차 위주이며,¹⁾ 최근 소형 톤급의 전기 화물차가 출시되었으나²⁾ 중·대형 톤급의 친환경차 출시는 아직까지 시기상조이다.

또한 경유차 수요 억제를 위해서는 자동차 배출가스 등급 기반 차량 운행제한 제도, 운행 경유차 저공해조치 및 조기폐차 지원, 차등화 등의 배출가스 저감사업을 지속적으로 추진하고 있다. 그러나 화물차의 경우 인체위해성이 높은 초미세먼지의 단위 거리당 배출 비중이 가장 높음에도 불구하고 경유의 연료 비중이 절대적이기 때문에³⁾ 경유 외 연료 전환이 쉽지 않은 한계가 있다.

한편 최근 환경부는 글러벌탑환경기술개발사업으로 「환경친화적 보급형 LPG직접분사(LPDi) 1톤 상용차용 연료분사 및 후처리 시스템 개발(2016.8.~2019.4.)」을 진행하였으며, 해당 연구를 통하여 경유 화물차와 동등한 수준의 성능을 발휘하는 LPG 화물차 생산이 가능할 것으로 예상

1) 2018년 12월 기준 국내 친환경차(전기차, 하이브리드차) 등록대수는 460,840대이며, 차종별 비중은 승용차 99.856%, 승합차 0.131%, 화물차 0.012%, 특수차 0.002%임(통계청, <http://www.index.go.kr>).

2) 전기신문, <http://www.electimes.com>.

3) 2018년 12월 기준 국내 화물차 등록대수는 3,590,939대이며, 연료별 비중은 경유 93.5%, LPG 3.6%, 휘발유 0.3% 등의 순임(통계청, <http://www.index.go.kr>).

된다. 또한 중·대형 톤급의 경우 한국가스공사와 타타대우 상용차, 한국 천연가스수소차량협회가 공동으로 LNG 트랙터를 개발하였으며, 시범 운행을 통하여 보급 타당성을 검증한 사례가 있다.⁴⁾

이처럼 경유 화물차의 대체연료로 소형 톤급에서는 LPG가, 중·대형 톤급에서는 LNG가 제기되고 있는 바, 본 연구에서는 기존 경유 화물차 대비 해당 연료 화물차의 보급에 대한 타당성(국가 관점에서의 경제성 및 차주 관점에서의 수익성)을 검토하고자 하며 이를 토대로 교통부문 오염물질 저감을 위한 경유 대체연료 화물차의 보급 방안을 제시하고자 한다.

II. 선행연구

친환경차 타당성 분석 관련 국내·외 선행연구는 <표 1>과 같다. 선행연구 검토 결과 국내·외 모두 전기차 등의 무배출차 위주로 연구가 진행된 반면 화물차와 같은 상용차를 대상으로 진행된 연구 사례는 없는 것으로 검토되었다. 그러나 경제성 및 수익성 분석에서 고려되는 항목은 차종에 상관없이 유사하다고 판단되는 바, 본 연구에서는 선행연구에서 타당성 분석시 고려한 분석 항목을 준용하되 현 상태에서 수집 가능한 경유 대체연료 화물차의 기초자료를 감안하여 경제성 및 수익성 분석항목을 선정하였다. 특히 다수의 연구에서 신규 차량 보급에 대한 타당성 분석시 차량가격, 연간 운영비(연료비 포함), 환경비용, 잔존가치 등의 항목을 고려하여 검토하는 것으로 나타나 본 연구에서도 해당 항목들을 중심으로 경유 화물차와 경유 대체연료 화물차의 타당성을 분석하고자 한다.

4) 한국가스공사 보도자료(2018.9.7.).

〈표 1〉 선행연구 검토 결과

연구자		주요 연구내용	타당성 분석 항목
국 내	유종훈·김후곤(2011)	손익분기점 분석, EV 경제성 분석	차량가격, 연간 주행거리, 연간 연료비
	추장민 등(2011)	EV 보급에 대한 경제성 및 수익성 분석, 적정 보조금 수준 검토	차량가격, 배터리가격, 연간 연료비, 연간 환경비용
	고문주(2012)	HEV에 대한 정부 보조금 및 사적 보조금, 사회적 편익 산정	-
	김도현(2014)	EV 보급에 대한 경제성 분석	차량가격, 연간 운영비(연료비, 보험료, 자동차세, 보수유지비, 기타 운영비), 잔존가치
	원두환(2014)	자동차 배출가스 저감에 따른 경제적 편익 추정	-
	김봉진(2015)	FCEV에 대한 경제성 분석	초기 투자비(차량가격, 등록세, 취득세 등), 연간 운영비, 잔존가치
	채현석 등(2016)	국내 EV 수요 전망	-
	이호영 등(2016)	EV, PHEV, FCEV에 대한 경제성 및 수익성 분석, 적정 보조금 수준 검토	차량가격, 연간 운영비, 연간 환경비용, 잔존가치
	모정윤·김상훈(2017)	국내 EV 수요 전망	-
	주우진·임미자(2018)	국내 EV 수요 전망	-
	유은솔·김기훈(2019)	EV 보조금 효과 분석	-
	한택환 등(2019)	EV, FCEV 보급 효과 분석	-
국 외	Funk and Rabl(1999)	내연차량, EV에 대한 생애주기비용 분석	차량가격, 연간 운영비, 연간 환경비용
	Granovskii et al. (2006)	HEV, EV, FCEV에 대한 경제성 분석	차량가격, 연간 연료비, 배터리 교체비, 연간 환경비용
	Offer et al.(2011)	EV, FCEV, FCHEV에 대한 생애주기비용 분석	파워트레인 비용, 연간 연료비
	da Silva et al.(2018)	EV 보급에 대한 경제성 분석	차량가격, 연간 연료비
	Javid et al.(2019)	EV 충전인프라 확대에 따른 환경적 경제적 효과 분석	-
	Ongel et al.(2019)	EV 보급에 대한 경제성 분석	차량가격, 연간 운영비, 잔존가치
	Qiao et al.(2019)	EV 재활용에 대한 효과 분석	-

Ⅲ. 경유 대체연료 화물차 보급의 타당성 분석

앞서 언급한 바와 같이 현행 경유 화물차의 대체연료로 소형 톤급은 LPG를, 중·대형 톤급은 LNG를 고려하며, 해당 연료 화물차의 보급 타당성은 국가 관점에서 보급 타당성을 검토하는 경제성 분석과 개별 차주 관점에서 보급 타당성을 검토하는 수익성 분석을 통하여 검토하였다. 경제성 분석과 수익성 분석의 차이는 <표 2>와 같으며, 경제성 분석은 순현재가치(NPV: Net Present Value)를 기준으로, 수익성 분석은 총 보유비용(TCO: Total Cost of Ownership)을 기준으로 판단하였다.

<표 2> 경제성 분석과 수익성 분석 비교

구분	경제성 분석	수익성 분석
-평가의 관점	-국민 경제적 입장	-개별 사업주체의 입장
-측정가격	-잠재가격	-시장가격
-세금, 이자비용 등 이전비용	-제외	-포함
-적용될 할인율	-사회적 할인율	-시장이자율 등(재무적 할인율)

자료: 김강수 등(2008)

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

B_t : t 시점의 편익, C_t : t 시점의 비용, r : 사회적 할인율, n : 사업의 내구연도(분석기간)

1. LPG 화물차

본 연구에서 고려한 경유 및 LPG 화물차는 <표 3>과 같으며, 경제성 분석에서 비용 항목으로는 LPG 보급에 따른 추가 운행비용과 잔존가치를, 편익 항목으로는 LPG 보급에 따른 차량 구매비용 절감편익과 환경비용 절감편익을 고려하였다. 운행비용 산정을 위한 기초자료는 2018년 월평균 연료별 판매가격과 최근 5년간 소형 화물차의 1일 평균주행거리를 자

동차 등록대수로 가중 평균하여 활용하였으며, 경제성 분석에서는 세전 판매가격을 적용하여 연간 운행비용을 산정하였다. 연간 운행비용 산정 결과 LPG 소형 화물차는 경유 대비 연간 약 17만원의 운행비용이 추가 소요되는 것으로 나타났으며, 잔존가치는 차량가격의 10%로 가정하였다.

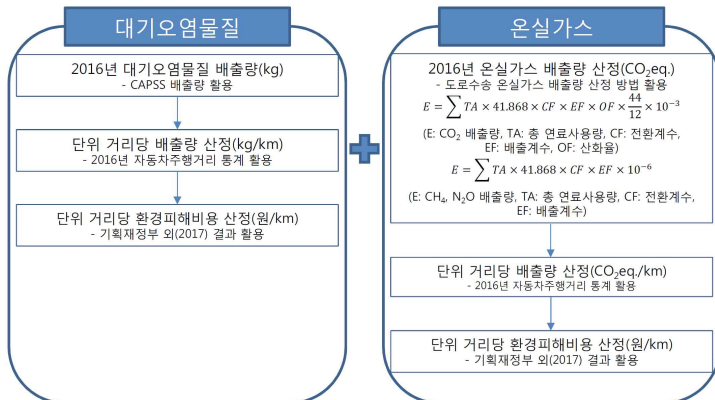
〈표 3〉 차량 정보

구분	세부모델명	배기량	연비	최고출력	최대토크	차량가격
경유 1톤 화물차	1톤 2WD 킹캡 초장축 럭셔리 M/T	2,497 cc	9.6 km/l	133마력	26.5 kg·m	1,494만원
LPG 1톤 화물차	1톤 2WD LPI 킹캡 초장축 럭셔리 M/T	2,359 cc	6.5 km/l	159마력	23.0 kg·m	1,590만원

자료: 환경부 보도자료(2018.12.24.)

한편, 환경비용 절감편익은 〈그림 1〉의 절차로 경유 소형 화물차와 LPG 소형 화물차의 단위 거리당 환경피해비용을 산정한 후, 소형 화물차의 1일 평균주행거리와 소비자물가지수를 반영하여 2018년 기준 연간 환경피해비용을 연료별로 산정하였다. 해당 비용을 고려한 환경비용 절감편익 추정 결과는 〈표 4〉와 같으며, LPG 소형 화물차는 경유 소형 화물차 대비 연간 약 45만원의 환경비용 절감편익이 발생하는 것으로 나타났다.

〈그림 1〉 환경피해비용 추정 과정



〈표 4〉 환경비용 절감편익(만원/년)

구분		CO	NOX	SOX	PM2.5	VOC	CO2	합계
환경피해 비용	경유	7	99	0.03	21	0.15	1.83	130
	LPG	66	16	0.03	0	0.29	2.13	84
환경비용 절감편익		-58	83	-0.01	21	-0.14	-0.30	45

차량 노후화에 따른 열화계수⁵⁾ 반영 유무에 따라 경제성 분석을 수행한 결과는 〈표 5〉와 같으며, 분석 결과 열화계수 반영 유무 모두 LPG 소형 화물차 보급에 따른 NPV는 0 이상으로 경제적 타당성을 확보하는 것으로 나타났다. 한편 경제성 분석 결과는 분석 여건 변화에 따라 변동될 소지가 있다. 이에 본 연구에서는 LPG 화물차 차량가격이 20% 상승할 경우, LPG 연료가격이 15% 상승할 경우, 사회적 할인율이 3.5%로 하락할 경우에 대한 민감도 분석을 수행하였으며, 열화계수를 반영한 경제성 분석 결과에서는 LPG 연료가격이 상승할 경우 경제적 타당성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다.

〈표 5〉 경제성 분석 결과(만원)

구분	비용(경유 대비 LPG)			편익(경유 대비 LPG)			현재가치 (경유 대비 LPG)	
	운영 비용	잔존 가치	소계	차량 가격	환경 비용	소계	비용	편익
열화계수 미반영	236	9	245	87	632	719	185	569
열화계수 반영	236	9	245	87	415	503	185	431

주: 차량 보유기간은 14년으로 가정하였으며, 할인율은 한국개발연구원 사회적 할인율 4.5% 적용

5) 국립환경과학원(2013).

〈표 6〉 민감도 분석 결과(만원)

구분			현재가치(경유 대비 LPG)	
			비용	편익
열화계수 미반영	차량가격 변화	+20%	170	298
	LPG 가격 변화	+15%	489	569
	할인율 변화	3.5%	196	597
열화계수 반영	차량가격 변화	+20%	170	160
	LPG 가격 변화	+15%	489	431
	할인율 변화	3.5%	196	445

주: 차량 보유기간은 14년으로 가정

또한 수익성 분석에서는 TCO 항목으로 차량 구매비용, 취득세, 자동차세, 잔존가치, 운행비용을 고려하였으며, 경제성 분석과 달리 모든 항목에서 세금(유가보조금 포함)을 고려한 비용을 적용하였다.⁶⁾ 경유 및 LPG 소형 화물차에 대한 TCO는 〈표 7〉과 같으며, 분석 결과 경유 소형 화물차 대비 LPG 소형 화물차의 TCO는 약 465만원의 수익이 발생하는 것으로 나타났다.

〈표 7〉 수익성 분석 결과(만원)

구분	차량가격	취득세	자동차세	운행비용	잔존가치	합계	현재가치
경유	1,590	80	306	2,378	-159	4,195	3,875
LPG	1,494	75	0	2,256	-149	3,675	3,410

주: 차량 보유기간은 14년으로 가정하였으며, 할인율은 2018년 국고채(5년) 금리 2.31% 적용

2. LNG 화물차

본 연구에서 고려한 경유 및 LNG 화물차는 〈표 8〉과 같으며, 경제성 분석에서 비용 항목으로는 LNG 보급에 따른 추가 차량가격과 잔존가치

6) 화물차의 취득세는 비사업용의 경우 차량가격의 1천분의 50, 사업용의 경우 차량가격의 1천분의 40이며, 본 연구에서는 소형 화물차의 업종별 등록대수를 감안하여 비사업용의 세율로 적용함. 자동차세는 소유에 대한 자동차세와 주행에 대한 자동차세로 구분되며, 화물차의 경우 소유에 대한 자동차세는 1대당 연세액으로 경유 소형 화물차와 LPG 소형 화물차가 동일하여 고려하지 않았으며, 주행에 대한 자동차세는 과세물품에 대한 교통에너지환경세액의 1천분의 360으로 경유 소형 화물차에만 적용함.

를, 편익 항목으로는 LNG 보급에 따른 환경비용 절감편익과 운행비용 절감편익을 고려하였다. 운행비용 산정을 위한 기초자료는 2018년 월평균 연료별 판매가격과 최근 5년간 5톤 이상 대형 일반형 중 사업용 화물차의 일평균 주행거리를 추정하여 활용하였으며, 경제성 분석에서는 세전 판매 가격을 적용하여 연간 운행비용을 산정하였다.

연간 운행비용을 산정하였으며, 연간 운행비용 산정 결과 경유 트랙터를 LNG 트랙터로 전환할 경우 각각 연간 90만원(세금 제외), 1,473만원(세금 포함)의 편익이 발생하는 것으로 나타났으며, 현행 경유의 유가보조금을 고려할 경우는 연간 653만원(세금 포함, 유가보조금 고려)의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 잔존가치는 차량가격의 10%로 가정하였다.

〈표 8〉 차량 정보

구분		LNG(타타대우상용차)	경유(볼보)
차종		6×2 트랙터	6×2 트랙터
연료		LNG	경유
캡 타입		프리마 하이돔	FH캡
연비		2.64 km/Nm ³	2.96 km/l
엔진	배기량	8.7 L	13 L
	마력/토크	400/173	540/265
차량가격	부가세 포함	20,205만원	16,105만원
	부가세 제외	18,368만원	14,641만원

자료: 환경부(2019)

한편, LNG 화물차의 경우 LPG와 달리 아직까지 국립환경과학원의 CAPSS 배출량에 반영되어 있지 않기 때문에 차량별 오염물질별 연간 배출량을 산정하는데 한계가 있다. 이에 본 연구에서는 한국천연가스수소차량협회에서 수행한 차대동력계 정속모드 시험 결과를 활용하여 차량별 환경비용 절감편익을 산정하였으며, 해당 비용에는 오염물질 절감편익과 함께 배출수준 유지를 위하여 소요되는 비용(클리닝, 후처리장치 유지비 등)도 함께 고려하였다.

경유와 LNG 모두 차량 보유기간 14년 동안 오염물질 절감편익 산정 결

과, 경유 트랙터를 LNG 트랙터로 전환할 경우 열화계수 반영 여부에 따라 1,750만원, 1,929만원의 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 또한 유지관리비용의 경우 LNG 트랙터는 210만원, 경유 트랙터는 3,980만원이 소요되며, 이에 따라 경유 트랙터를 LNG 트랙터로 전환할 경우 유지관리비용 편익은 VAT 포함 여부에 따라 각각 3,770만원(VAT 포함), 3,427만원(VAT 제외)이 발생하는 것으로 나타났다.

〈표 9〉 경유 대비 LNG 트랙터의 오염물질 절감편익(만원)

구분		THC	CO	NOX	CO2	PM	합계
오염물질 절감편익	열화계수 미반영	1	-933	2,276	261	146	1,750
	열화계수 반영	1	-930	2,429	261	169	1,929

〈표 10〉 차량 보유기간 동안의 유지관리비용(만원)

구분	LNG	경유				유지관리비용 편익	
	가스필터	DPF 클리닝	SCR 필터	연료 필터	요소수	VAT 포함	VAT 제외
합계	210	3,980				3,770	3,427

차량 노후화에 따른 열화계수⁷⁾ 반영 유무에 따라 경제성 분석을 수행한 결과는 〈표 11〉과 같으며, 분석 결과 열화계수 반영 유무 모두 LNG 트랙터 보급에 따른 NPV는 0 이상으로 경제적 타당성을 확보하는 것으로 나타났다. 또한 LPG 화물차와 동일한 여건 변화에 따른 민감도 분석을 수행한 결과는 〈표 12〉와 같으며, 할인율 하락을 제외하고는 열화계수 미반영과 열화계수 반영 모두 차량가격과 연료가격이 상승할 경우 경제적 타당성을 확보하지 못하는 것으로 나타났다.

7) 국립환경과학원(2013).

〈표 11〉 경제성 분석 결과(만원)

구분	비용(경유 대비 LNG)			편익(경유 대비 LNG)			현재가치 (경유 대비 LNG)	
	추가차량 가격	잔존 가치	소계	환경 비용	운행 비용	소계	비용	편익
열화계수 미반영	3,727	-373	3,355	5,177	1,255	6,432	3,517	4,856
열화계수 반영	3,727	-373	3,355	5,356	1,255	6,611	3,517	4,970

주: 차량 보유기간은 14년으로 가정하였으며, 할인율은 한국개발연구원 사회적 할인율 4.5% 적용

〈표 12〉 민감도 분석 결과(만원)

구분			현재가치(경유 대비 LPG)	
			비용	편익
열화계수 미반영	차량가격 변화	+20%	6,983	4,856
	LNG 가격 변화	+15%	3,517	1,914
	할인율 변화	3.5%	3,489	5,151
열화계수 반영	차량가격 변화	+20%	6,983	4,970
	LNG 가격 변화	+15%	3,517	2,028
	할인율 변화	3.5%	3,489	5,276

주: 차량 보유기간은 14년으로 가정

수익성 분석에서는 TCO 항목으로 차량 구매비용, 취득세, 운행비용, 유지관리비용, 잔존가치를 고려하였으며, 경제성 분석과 달리 모든 항목에서 세금(유가보조금 포함)을 고려한 비용을 적용하였다. 경유 및 LNG 트랙터에 대한 TCO는 〈표 13〉과 같으며, 분석 결과 경유 트랙터 대비 LNG 트랙터의 TCO는 약 7,189만원의 수익이 발생하는 것으로 나타났다.

〈표 13〉 수익성 분석 결과(만원)

구분	차량가격	취득세	운행비용	유지관리비용	잔존가치	합계	현재가치
경유	16,105	644	37,066	1,768	-1,611	53,972	49,138
LPG	20,205	808	25,708	210	-2,021	44,910	41,949

주: 차량 보유기간은 14년으로 가정하였으며, 할인율은 2018년 국고채(5년) 금리 2.31% 적용

Ⅳ. 경유 대체연료 화물차 보급 방안

앞서 검토한 바와 같이 국내 기 출시된 경유 대체연료 화물차의 보급 타당성은 확보 가능한 것으로 나타났다. 이러한 결과는 현재 환경부에서 개발 중인 LPDi 화물차, 2020년 1월부터 강화될 실도로 배출가스 관리제도 등을 감안하면 경유 대체연료 화물차의 환경비용 절감편익이 증가하여 경제성 및 수익성 수준은 현재 분석 결과보다 커질 것으로 판단되며, 이에 따라 화물차 시장에서 LPG, LNG와 같은 대체연료의 입지는 더욱 넓어질 것으로 예상된다.

한편 LPG 및 LNG 화물차는 아직까지 화물차 시장에서 점유율이 낮기 때문에 원활한 초기 시장 형성을 위해서는 일정 기간 동안 자동차제작사의 대체연료 화물차 제작을 유도할 수 있는 공급 정책과 안정적인 수요처 마련을 위한 수요 정책이 보장되어야 하며, 대표적으로는 2020년부터 전국에서 시행될 저공해자동차 보급 목표제와 의무구매·임차제를 적극 활용할 수 있다. 본 연구에서 검토한 LPDi 화물차와 LNG 화물차는 모두 「수도권대기법 시행규칙」의 제3종 저공해자동차 배출허용기준을 만족할 수 있기 때문에 저공해자동차 보급 목표제와 의무구매·임차제에서 충분히 고려될 수 있다.

특히 화물차 시장은 아직까지 제1종, 제2종 저공해자동차가 거의 없기 때문에 화물차에 한해서는 LPDi, LNG와 같은 제3종 저공해자동차의 가중치를 보급 목표제와 의무구매·임차제에서 높게 고려하는 방안도 검토가 가능하다. 또한 「자동차 평균에너지소비효율기준·온실가스 배출허용기준 및 기준의 적용·관리 등에 관한 고시」에서 평균에너지소비효율과 온실가스 평균배출량에 대한 실적 산정시 LPDi, LNG 화물차에 대한 가중치를 한시적으로 고려하는 것도 공급 정책의 일환으로 검토가 가능할 것으로 판단된다.

한편 민간부문에서의 수요를 형성하기 위해서는 구매보조금, 세금감경, 유가보조금과 같은 보조금 정책을 추진하여 보다 많은 화물차 차주가 대

체연료 차량을 구매하도록 유도해야 할 필요가 있으며, 이러한 정부 주도 정책은 경유 대체연료 화물차의 공급과 수요가 선순환 구조로 정립되어야 한다. 특히 대체연료 차량의 빠른 시장 형성을 위해서는 단기적이고 강하게 추진되어야 하며, 정책 추진에 대한 계획을 사전에 제시하여 화물차 차주의 혼란을 초래하지 말아야 한다. 이 외에도 상용차 리스를 활성화하여 현행 경유 화물차 대비 차량가격이 다소 비싼 대체연료 차량의 진입 장벽을 낮출 필요가 있다.

또한 사업용 화물차에 대한 대체연료 시장형성을 위해서는 화주기업, 물류기업 등 물류분야 관련 업체를 중심으로 LPG 및 LNG 화물차에 대한 안정적인 수요처를 만드는 것이 중요하며, 해당 업체의 자발적인 움직임을 유도하기 위해서는 현재 「물류정책기본법」을 근거로 시행 중인 우수물류기업 인증제, 우수녹색물류실천기업 지정제를 적극 활용해야 할 필요가 있다.

그러나 두 제도 모두 보유 화물차에 대한 연료는 별도로 고려하지 않기 때문에 현행 제도를 화물차 대체연료 수단 보급 활성화에 활용하기에는 다소 한계가 있다. 해당 제도에서 보유 화물차에 대한 연료를 고려하기 위해서는 우수물류기업 인증 심사항목 및 배점에서 기존 직영차량 보유비율을 직영차량 보유비율과 보유차량 연료비율로 세분화하여 화물운송기업이 직영차량 보유와 보유차량의 친환경 연료 전환에 대한 노력을 함께 기울일 필요가 있다. 또한 우수녹색물류실천기업 지정평가 기준에서는 평가항목별 구비서류에서 차량에 대한 연료별 보유현황 자료도 함께 제시하도록 하여 평가시 친환경 화물차에 대한 고려가 필요하다.

한편 화물운송기업의 대체연료 또는 무배출 차량 보유를 유도하기 위해서는 기존 제도의 개선 뿐 아니라 대체연료 또는 무배출 차량 보유에 따른 혜택도 강화해야 할 것으로 판단된다. 특히 현재 화물자동차 운송사업이 허가제이기 때문에 신규등록, 증차가 어렵다는 점을 감안한다면 대체연료 또는 무배출 차량으로 대차하는 경우 차량 대·폐차에 대한 최대적재량 범위, 대·폐차신고 경과기간 등의 기준을 완화하는 혜택을 제공한다면 화물운송기업 보유차량의 연료 전환을 긍정적으로 유도할 수 있을 것으로 사

료된다.

다만, 무배출 차량이 상용화되는 시점부터는 무배출 차량과 대체연료 차량에 대한 혜택을 차등하고, 단계적으로 무배출 차량에 대한 혜택 비중을 높여야 할 필요가 있다. 또한 화물자동차 운수사업이 허가제인 만큼 최대적재량 제한을 풀어주는 혜택은 실질적으로 화물차 증차 효과가 있기 때문에 화물운송시장 측면에서는 매우 민감한 사안이라고 할 수 있다. 따라서 대체연료 차량 또는 무배출 차량으로 대차하는 경우 혜택을 제공하는 것은 기본적인 방향으로 하되, 업종내 세부적인 혜택 수준은 추가적인 논의가 필요할 것으로 판단된다.

V. 결론

2018년 기준 국내 화물차의 연료 비중은 경유가 약 96%로 대부분을 차지한다. 경유 화물차는 타 연료 대비 출력, 토크 등의 동력 성능이 우수한 반면 배출가스 성능은 다소 떨어지며, 특히 강화된 자동차 배출가스 규제에 대응하기 위한 후처리장치 부착 및 유지의 필요성에 따라 차량 구매 및 보유기간 동안 추가 비용이 발생한다. 이러한 부정적 측면에도 불구하고 동력 성능의 장점으로 차주의 선호도가 지속됨에 따라 경유 외 타 연료 화물차의 자동차 시장 진입장벽은 여전히 높은 실정이다.

최근 다수의 국가에서 수송부문 미세먼지, 온실가스 등의 오염물질 저감을 위하여 석유를 태우는 내연기관차 판매 중단을 제시하고, 전기차 등의 무배출 차량 육성에 박차를 가하고 있기 때문에 수송부문에서 무배출 차량의 보급 확산은 시대적인 흐름이라 할 수 있다. 그러나 현행 무배출 차량의 개발 및 보급은 승용차 시장을 위주로 진행되고 있기 때문에 화물차 등의 상용차 시장에서는 무배출 차량의 대중화가 다소 시간이 걸릴 것으로 예상된다.

따라서 궁극적으로는 승용차와 상용차 모두 무배출 차량의 보급 활성화

를 목표로 지향하되, 화물차의 오염물질 저감 측면에서는 무배출 차량이 보편화되어 구매보조금 없이 차량 구매가 가능한 시점까지는 경유 대체연료 화물차의 보급에 집중해야 할 필요가 있으며, 경유 대체연료로는 LPG와 LNG 고려가 가능하다. 이를 위해서는 무엇보다 정부의 역할이 중요하다. 정부는 관련 방안에 대한 추진 의지를 명확하게 표명하고, 이를 토대로 화물운송수장에 일괄된 정책 시그널을 제공해야 할 필요가 있다.

세부적으로는 경유 화물차의 대체연료 차량 전환과 화물차의 물동량 전환이 원활하게 이루어지도록 관련 제도가 개선되어야 한다. 특히, 정부는 경유 화물차의 대체연료 차량을 화물차 시장의 일정 수준까지 보급시키기 위한 지원 계획을 자동차제조사 및 물류 관련 업체에 제시하여 해당 차량의 탄력적인 공급과 안정적인 수요를 유도해야 하며, 현행 화물차 지원 및 자동차 오염물질 관리 정책도 대체연료 전환을 유도하는 방향으로 병행되어야 할 필요가 있다.

한편 본 연구에서 검토한 경유 대체연료 화물차는 경제성과 수익성을 모두 확보하며, 이는 국가 및 개인 차원에서 모두 이로운 대안이기 때문에 이론적으로는 정부의 개입(보급 정책 등)이 필요하지 않다. 그러나 최근 고농도 미세먼지 사례 등을 감안한다면 경유 대체연료 화물차의 시장 점유율을 단기간 내 높여야 할 필요가 있으며, 특히 LNG 화물차의 경우 차량 보급을 위해서는 충전인프라 구축이 병행되어야 한다.

그러나 본 연구에서 검토한 타당성 분석에서는 화물차 차주의 충전인프라 부족에 따른 불편함 등의 요인을 계량화하지 못한 한계가 있으며, 실제 차량 보급을 위해서는 이러한 불편함을 상쇄시킬 수 있는 지원 방안이 한시적으로 필요하다. 본 연구에서는 이러한 측면에서 경유 대체연료 화물차의 보급 방안을 검토하였으며, 보다 정확한 타당성 분석을 위해서는 경유 대비 충전인프라 부족에 따른 차주의 불편함 등을 반영해야 할 필요가 있다.

또한 본 연구에서 추정한 경유 대체연료 화물차의 타당성 분석 결과는 해당 차종의 시장형성, 경제성 및 수익성 분석 고려 항목 등에 따라 변동될 여지가 있기 때문에 경유 대체연료 차량에 대한 주기적인 보급 타당성

분석이 필요하다. 특히 LNG의 경우 아직까지 CAPSS 배출량 통계에 반영되어 있지 않은 연료이기 때문에 해당 연료에 대한 오염물질 배출 특성은 보다 다양한 배출가스 시험을 통하여 안정화시킬 필요가 있다.

■ 참고문헌 ■

- 고문주, 2012, “하이브리드 자동차에 대한 정부보조금의 적정성 분석,” 석사학위논문, 서울대학교 환경대학원, 서울.
- 국립환경과학원, 2013, 『국가 대기오염물질 배출량 산정방법 편람(III)』, 인천: 국립환경과학원.
- 김강수·우지원·이승헌·김재영·양인석·유재광 등, 2008, 『도로·철도 부문 사업의 예비 타당성조사 표준지침 수정·보완 연구(제5판)』, 서울: 한국개발연구원.
- 김도현, 2014, “국내 전기차의 경제성 분석,” 석사학위논문, 단국대학교 대학원, 경기.
- 김봉진, 2015, “보조금과 수소가격을 고려한 국내 연료전기차의 경제성 분석,” 『한국수소 및 에너지학회 논문집』, 26(1), pp.35-44.
- 모정윤·김상훈, 2017, “Bass 확산 응용모형을 기반으로 한 국내 전기자동차 수요 전망,” 『산업혁신연구』, 33(3), pp.161-183.
- 원두환, 2014, “자동차 배출가스 저감의 경제적 편익 추정,” 『환경정책』, 22(4), pp.195-212, DOI: 10.15301/jepa.2014.22.4.195.
- 유은솔·김기훈, 2019, “정부의 보조금 수준이 전기차 시장 확대 및 전기차 업체의 성과에 미치는 영향,” 『경영과학』, 36(2), pp.85-100.
- 유종훈·김후곤, 2011, “손익분기점 분석을 이용한 전기차의 보조금 정책 연구,” 『에너지공학』, 20(1), pp.54-62.
- 이호영·한진석·고승영, 2016, “친환경차 보조금 적정성 분석 연구,” 『환경정책』, 24(4), pp.89-102, DOI: 10.15301/jepa.2016.24.4.89.
- 전기신문, 2020.1.2., “새해에도 전기차는 계속 달린다,” <http://www.electimes.com>.
- 주우진·임미자, 2018, “시나리오기법 및 선택실험법 기반 한국 전기차 시장 수요예측 연구,” 『한국경영과학회지』, 43(4), pp.45-65, DOI: 10.7737/JKORMS.2018.43.4.045.
- 채현석·정재우·김종달, 2016, “Bass 확산모형을 이용한 전기자동차 수요예측,” 『환경정책』, 24(1), pp.109-132, DOI: 10.15301/jepa.2016.24.1.109.
- 추장민·공성용·김호석·신상철·김종원, 2011, 『2011년도 전기차 보조금 지원기준 마련을 위한 연구』, 과천: 환경부.
- 한국가스공사, 2018.9.7., “가스공사, LNG 화물차 상버 본격시동.. 첫 발 내딛다,” 보도자료.
- 한택환·임동순·김진태, 2019, “전기 및 수소차 보급 확산의 환경적·경제적 영향분석: 계

- 산가능일반균형모형(CGE)의 적용,” 『자원·환경경제연구』, 28(2), pp.231-276.
- 환경부, 2018.12.24., “LPG 1톤 트럭 구매하면 최대 565만원 혜택,” 보도자료.
- _____, 2019, 『LNG 화물차 보급 타당성 평가』, 세종: 환경부.
- da Silva, R. E., P. M. Sobrinho, and T. M. de Souza, 2018, “How can energy prices and subsidies accelerate the integration of electric vehicles in Brazil? An economic analysis,” *The Electric Journal*, 31(3), pp.16-22, DOI: 10.1016/j.tej.2018.03.007.
- Funk, K. and A. Rabl, 1999, “Electric versus conventional vehicles: Social costs and benefits in France,” *Transportation Research Part D*, 4, pp.397-411, DOI: 10.1016/S1361-9209(99)00018-8.
- Granovskii, M., I. Dincer, and M. A. Rosen, 2006, “Economic and environmental comparison of conventional, hybrid, electric and hydrogen fuel cell vehicles,” *Journal of Power Sources*, 159, pp.1186-1193, DOI: 10.1016/j.jpowsour.2005.11.086.
- Javid, R. J., M. Salari, and R. J. Javid, 2019, “Environmental and economic impacts of expanding electric vehicle public charging infrastructure in California's countries,” *Transportation Research Part D*, 77, pp.320-334, DOI: 10.1016/j.trd.2019.10.017.
- Offer, G. J., M. Contestabile, D. A. Howey, R. Clague, and N. P. Brandon, 2011, “Techno-economic and behavioural analysis of battery electric, hydrogen fuel cell and hybrid vehicles in a future sustainable road transport system in the UK,” *Energy Policy*, 39, pp.1939-1950, DOI: 10.1016/j.enpol.2011.01.006.
- Ongel, A., E. Loewer, F. Roemer, G. Sethuraman, F. Chang, and M. Lienkamp, 2019, “Economic assessment of autonomous electric microtransit vehicles,” *Sustainability*, 11(3), 648, DOI: 10.3390/su11030648.
- Qiao, Q., F. Zhao, Z. Liu, and H. Hao, 2019, “Electric vehicle recycling in China: Economic and environmental benefits,” *Resources, Conservation & Recycling*, 140, pp.45-53, DOI: 10.1016/j.resconrec.2018.09.003.
- 통계청, 2019, “자동차 등록 현황,” <http://www.index.go.kr>, [2019.12.10]

한진석: 서울대학교 건설환경공학부에서 교통공학 박사학위를 취득하고 현재 한국환경정책·평가연구원에 연구위원으로 재직 중이다(jshahn@kei.re.kr).

투 고 일: 2020년 01월 13일
심 사 일: 2020년 01월 21일
게재확정일: 2020년 01월 31일