

수송용 연료 간 상대가격에 따른 경유 수요 가격탄력성 변화 추정: 유럽 23개국 패널 분석

Changes in Price Elasticities of Diesel Demand by Relative Prices
between Motor Fuels: Panel Analysis of 23 European Countries

임성민* · 유지원**

Sungmin Lim · Jiwon Ryu

요약: 본 연구는 유럽 23개국의 1990-2019년 패널자료를 이용하여 경유와 휘발유 간 상대가격에 따른 수송용 경유 수요의 자기가격탄력성의 변화를 분석하였다. 분석 결과, 휘발유 대비 경유의 상대가격이 증가할 때, 경유 수요의 자기가격탄력성(절댓값)이 경제적 및 통계적으로 유의하게 증가하다가 감소하는 구간, 즉 역 U자형 패턴을 따르는 구간이 존재함을 밝혀내었다. 이는 기존 문헌에서 주목하지 않은 경유와 휘발유 간 대체 관계가 경유 수요의 자기가격탄력성의 중요한 결정요인임을 시사한다. 이러한 결과는 경유 가격 조정을 통해 경유 소비를 줄이는 것을 목표로 하는 환경정책 설계에 있어 대체 연료 간 상대가격을 고려함으로써 정책 효과를 보다 정확하게 예측할 수 있음을 함의한다.

핵심주제어: 수송용 경유, 자기가격탄력성, 대체연료, 연료간 상대가격

Abstract: This paper uses panel data from 23 European countries for the period 1990 to 2019 to analyze how the own-price elasticities of diesel demand vary with the relative price of diesel to gasoline. We find that the own-price elasticities of diesel demand (in absolute values) exhibit an inverted-U pattern to the relative price near one. This result shows that the substitution between diesel and gasoline is a crucial determinant of the own-price elasticities of diesel demand, which the literature has largely overlooked. Our findings suggest that policy-makers can improve the accuracy of predicting outcomes of diesel taxation policies by taking account of relative price.

Key Words: Automotive diesel, Own-price elasticities of demand, Substitute fuels, Relative prices between motor fuels

* 제1저자 및 교신저자, 서울대학교 환경대학원 환경계획학과 박사과정

** 공동 제1저자, 서울대학교 행정대학원 정책학전공 박사과정

I. 서론

도로 수송 부문의 높은 석유제품 의존도로 인한 기후변화 및 대기오염은 심각한 사회 문제로 인식되어 왔다. 대표적인 석유제품은 휘발유와 경유로서, 도로 수송 에너지 소비량에서 두 연료가 차지하는 비중은 2019년 기준 승용에서 98.6%, 화물에서 99.4%에 달한다(IEA, 2021a). 특히, 경유는 휘발유보다 높은 환경외부비용을 유발하지만,¹⁾ 다수의 OECD 국가에서 경유에 대해 우대세제(preferential tax treatment)를 적용함에 따라 경유승용차 소비량이 급격히 증가하여 대기오염문제가 더욱 심화되었다(Harding, 2014).²⁾

이에 대한 대응으로 승용차 경유화 현상이 가장 두드러진 유럽을 중심으로 경유세 인상을 통해 경유 소비의 감축을 유도하는 정책이 적극 시행되고 있다(Mayeres and Proost, 2001; Burguillo-Cuesta, Garcia-Ines, and Romero-Jordan, 2011; Harding, 2014). 국내에서도 2005년 경유승용차의 시판이 허용된 이후 경유 차량에 대한 수요가 급증하였으며, 이에 따른 대기오염 심화를 억제하기 위한 목적으로 제 2차 에너지세제 개편을 통해 경유세율을 상향 조정한 바 있다(박용덕·마용선, 2007; 강만옥·이상용·조장울, 2008). 최근에는 서울의 미세먼지 농도가 세계보건기구(WHO) 기준의 약 두 배에 달하는 등 미세먼지 문제가 심각해지자 「미세먼지관리특별대책」의 일환으로 경유세율 재조정의 필요성이 제기되고 있다(이동규, 2017; OECD, 2020).

이러한 조세정책의 목표를 효과적으로 달성하기 위해서는 경유 가격 인

1) 휘발유에 비해 경유는 단위 리터(l)당 약 15.5% 많은 온실가스(이산화탄소, 메탄, 아산화질소)를 배출하지만, 단위 주행거리(km)당 배출량으로 환산 시 경유 차량의 연비로 인해 휘발유와 유사한 배출량을 가진다(휘발유: 174.6CO₂/km, 경유: 174.7CO₂/km). 하지만 휘발유에서 배출되는 NO_x와 PM은 단위 리터당 각각 7.361g, 0.025g인 반면, 경유에서는 각각 9.600g, 0.815g으로, NO_x는 1.3배, PM은 32.6배를 더 배출한다(Schipper and Fulton, 2009; Harding, 2014).

2) OECD 회원국 중 데이터가 가용한 24개국에서 전체 승용차 중 경유 승용차의 비중은 2000년 14.2%에서 2019년 37.1%로 2.6배 증가하였다.

상이 유발하는 경유 소비량 감소에 대한 정확한 예측이 필요하다. 이를 위해 수송용 연료 수요의 가격탄력성을 변동시키는 요인을 탐색하는 시도들이 이루어졌다. 기존 연구들로부터 연료가격 수준, 가격 증감 추세, 가격 변동성, 소득 수준 등이 중요한 요인으로 밝혀졌다(Hanly, Dargay, and Goodwin, 2002; Hughes, Knittel, and Sperling, 2008; Wadud, Graham, and Noland, 2009; De Jong, Schrotten, van Essen, Otten, and Bucci, 2010; 정준환·이지연·박성용, 2012).

본 논문은 상기한 요인들에 더해 경유와 휘발유 간의 대체 관계가 경유 수요의 자기가격탄력성을 결정하는 중요한 요인임을 밝히고자 한다. 경유와 휘발유는 서로 밀접한 대체재로서, 도로 수송 부문 연료 소비량의 대부분을 점유하고 있다. 이 경우 미시경제이론으로부터 각 연료의 가격탄력성이 다른 연료의 가격에 민감하게 반응한다는 사실이 알려져 있음에도 불구하고, 경유 수요의 가격탄력성을 추정한 다수의 실증 연구에서는 대체연료 간 상대가격의 영향을 고려하지 않았다(예, Liu, 2004; Pock, 2007; Zimmer and Koch, 2017).

본 연구에서는 유럽 23개국의 1990-2019년 패널자료를 이용하여 경유와 휘발유 간 상대가격 변화에 따른 경유 수요의 자기가격탄력성의 변화를 분석하였다. 구체적으로 기존 연구에서 주로 사용하는 회귀모형에 두 연료 간 상대가격의 사분위수로 4개의 구간을 구성하여, 각 구간을 나타내는 더미변수와 경유 수요함수의 구성요소 간 상호작용 항을 포함한 회귀모형을 추정하였다. 분석 결과, 휘발유 대비 경유의 상대가격이 증가할 때, 경유 수요의 자기가격탄력성(절댓값)이 경제적 및 통계적으로 유의하게 증가하다가 감소하는 구간, 즉 역 U자형 패턴을 따르는 구간이 존재함을 밝혀내었다. 이러한 패턴은 상대가격 구간을 나누는 기준을 바꾸어도 일관적으로 유지되었다.

본 논문의 연구 결과는 경유 소비 감축을 목표로 하는 가격 정책을 수립하는 과정에서 경유와 휘발유 간 상대가격을 반드시 고려해야 함을 시사한다. 예컨대 휘발유 대비 경유의 상대가격이 1에 가까워지는 제 3구간

에서는 경유의 가격탄력성이 전 구간을 포괄하여 추정한 평균 가격탄력성의 수준을 초과한다. 이러한 가격탄력성의 차이를 간과한 정책은 경유 소비 감축 목표 달성을 위해 필요한 수준보다 더 높게 경유 가격을 인상하여 경유 소비자들에게 과도한 부담을 지울 수 있다. 반대로 제 4구간에서 경유의 가격탄력성은 전 구간 평균 가격탄력성에 비해 작다. 이 경우, 평균 치에 기초한 정책은 정책효과를 과대추정하므로 실제 정책효과가 예측에 비해 미미할 수 있다.

본 연구는 다음과 같이 구성된다. 제 II장에서는 경유 수요 탄력성을 추정한 선행 연구들을 소개한다. 제 III장에서는 분석 자료를, 제 IV장에서는 분석 모형을 설명한다. 제 V장에서는 실증 분석 결과를 제시하고, 마지막으로 제 VI장에서는 결론 및 시사점을 정리한다.

II. 선행연구

도로 수송 연료의 수요 탄력성을 추정한 실증연구는 상당히 많이 축적되었다. 선행연구의 대부분은 과거부터 자가용 승용차의 주 연료로 사용되었던 휘발유에 초점을 맞추었으며, 경유 수요에 대한 분석은 비교적 최근의 연구에서 이루어지고 있다(Dahl, 2012; Wadud, 2016; Aklilu, 2020). 도로 수송 부문 경유 소비에 관한 주요 연구들의 분석 자료, 분석방법론 및 결과를 <표 1>에 요약하였다.

선행 연구들은 휘발유에서 경유 승용차로의 전환이 크게 발생한 유럽 국가들을 중심으로, 특정 국가 혹은 국가 집단(OECD, 유럽연합 등)에 대한 시계열 분석을 수행하였다. 가장 기본적인 경유 수요함수는 휘발유와 같이 연료 가격과 소득으로만 구성된다(Liu, 2004; Ramli and Graham, 2014; Liddle and Huntington, 2020). 이 경우, 경유 수요에 영향을 미치는 기타 변수들을 통제하지 않았기 때문에 추정결과에 편의가 존재할 수 있다는 비판이 제기되어(Wadud, 2016), 추가적인 통제변수로서 차량 재고 변수

(vehicle stock), 대중교통의 발달정도, 기온 변수 등이 적용되었다.³⁾

본 연구의 분석 대상인 유럽 국가들을 포함하는 선행연구들의 결과를 종합하면, 경유 수요의 가격탄력성은 단기에는 $-0.09 \sim -0.72$, 장기에는 $-0.26 \sim -1.13$ 범위를 갖는 것으로 나타났다(Liu, 2004; Pock, 2007; Burguillo-Cuesta et al., 2011; Zimmer and Koch, 2017; Liddle and Huntington, 2020).

한편, 앞서 소개한 선행연구들은 해당 국가 혹은 지역에 대해 분석 기간 동안의 평균적인 탄력성 추정치를 제공하고 있다. 이는 경유 가격 정책에 대한 전반적인 효과를 예측하기 위한 지표로선 유용하지만, 소비자들이 지닌 특성 혹은 노출되어 있는 환경에 따라 동일 크기의 가격 변화에 대해 상이한 반응이 나타날 수 있다는 가능성을 포착하지 못한다. 이를 지적한 후속 연구에서는 수송용 연료 수요의 가격탄력성을 변동시키는 요인들을 밝히는 시도들이 이루어졌다. 대표적으로 연료 가격 수준, 가격 증감 추세, 가격 변동성, 수요량 수준, 소득 수준, 지리적 위치, 경기 변동 전후 등이 주요 요인으로 밝혀졌다(Hanly et al., 2002; Hughes et al., 2008; Wadud et al., 2009; De Jong et al. 2010; 정준환 등, 2012; Kwon and Lee 2014; Bakhat, Labandeira, Labeaga, and Lopez-Otero, 2017).

그러나 서론에서 언급하였듯이 경유와 휘발유 사이의 밀접한 대체관계에도 불구하고, 경유 수요의 가격탄력성을 추정한 다수의 실증 연구에서는 대체연료 간 상대가격의 영향을 고려하지 않았다. 하지만 휘발유 대비 경유의 경제적 편익, 즉, 연료가격 및 연비 측면의 우위에 의해 경유에 대한 선호가 증가한 만큼, 휘발유와 경유 간 가격 격차는 경유 소비에 관한 소비자의 의사결정요인으로 작용할 수 있으며, 따라서 경유 수요의 자기 가격탄력성의 변동을 유발할 수 있다(Burguillo-Cuesta et al., 2011; Anderson, 2012; Harding, 2014). 본 연구의 기여는 기존 연구들이 주목하지 않았던 경유와 휘발유 간 대체 관계가 경유 수요의 자기가격탄력성에 중요한 결정요인임을 실증적으로 밝혀내었다는 점에 있다.

3) 차량재고변수는 Polemis(2006), Pock(2007), 강만옥 등(2008), Burguillo-Cuesta et al.(2011), 대중교통 발달정도는 신동현(2015), 임형우·조하현(2020), 기온변수는 나인강(2001), 강만옥 등(2008), 오선아·최고봉·허은녕(2015)에서 다루고 있다.

〈표 1〉 경유 수요탄력성 추정에 관한 선행연구 요약

연구	분석자료	분석방법	변수		가격탄력성		소득탄력성	
			종속	설명	단기	장기	단기	장기
Liu (2004)	1978-1999 (연간) OECD 23개국	PAM (One-step GMM)	1인당 경유 소비량	경유 가격, 1인당 GDP 또는 소득	-0.09	-0.26	0.425	1.2
Polemis (2006)	1978-2003 (연간) 그리스	Cointe- gration	수송 부문 1인당 경유 소비량	휘발유·경유가격, 소득, 1인당 경유차 량보유대수	-0.07	-0.44	0.42	1.18
Pock (2007)	1990-2004 (연간) EU 14개국	PAM	경유 차량 1대당 경유 소비량	경유가격, 1인당 GDP, 운전자 1인 당 휘발유·경유승용차 대수	-0.13	-0.29	0.63	1.44
강만옥 등 (2008)	1997-2007 (분기) 한국	ARDL	경유 수요량	경유가격, 소득, 경유차량대수, 기온, 노동시간	-0.24	-0.27	0.38	2.29
Burguillo-Cuesta et al. (2011)	1990-2008 (연간) EU 15개국	ISUR	1인당 경유 소비량	1인당 소득, 경유세, 경유승용신차대수, 휘발유가격, 인구밀 도, 국가더미	-0.27	-0.33	0.70	0.84
Ramli and Graham (2014)	1980-2009 (연간) 영국	Cointe- gration	도로 수송 1인당 경유 소비량	경유가격, 1인당 소득	-0.11	-0.3	0.71	1.5
Barla, Gilbert-Gonthier, and Kuelah (2014)	1986-2008 (연간) 캐나다	PAM	도로 수송 1인당 경유 수요	경유가격, 1인당 GDP, 총 GDP 중 1 차산업 비중, 추세	-0.43	-0.8	0.5	0.9
조철근·정준환 (2017)	2008-2016 (월별) 한국	Cointe- gration	도로 여객 일평균 1인당 경유 소비량	소득, 연료비용, 연 료비용 상대비	-0.67	-	1.82	-
Zimmer and Koch (2017)	1990-2012 (연간) EU 16개국	ADL	1대당 경유 소비량	경유가격, 1인당 GDP, 운전자 당 자 동차보유수	-0.17 ~ -0.72	-1.13	0.8~ 1.1	-
Liddle and Huntington (2020)	1978-2016 (연간) OECD 35개국 Non-OECD 83개국	ADL (1,1,1)	도로 수송 1인당 경유 소비량	경유가격, 1인당 GDP	OECD (Europe)			
					-0.11 (-0.15)	-0.35 (-0.38)	1.06 (1.04)	1.67 (2.12)
					Non-OECD			
					-0.08	-0.24	0.74	1.17

III. 분석 자료

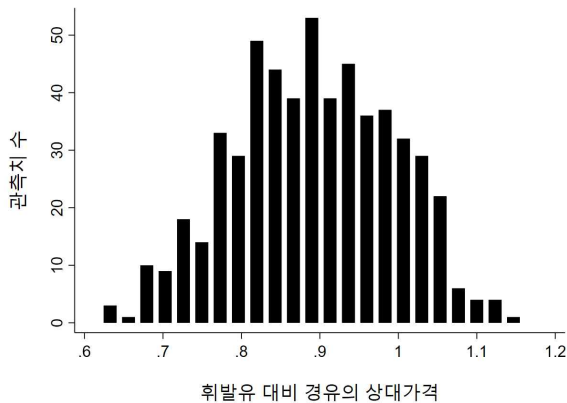
본 연구는 OECD에 가입한 유럽 국가(OECD Europe) 총 27개국 중 23

개국⁴⁾의 1990-2019년간의 불균형패널(unbalanced panel) 자료를 이용하여 실증분석을 진행하였다. 본 연구에서 활용한 자료의 종류와 출처를 <표 2>에 요약하였다.

종속변수는 도로 수송 부문 1인당 경유 소비량(톤)을 사용하였으며, 국제에너지기구(International Energy Agency, IEA)에서 제공하는 도로 수송 부문 경유 소비량(톤)을 OECD에서 제공한 전체 인구수(명)로 나누어 산출하였다.

핵심 설명변수인 수송 연료(휘발유, 경유)의 가격 및 세금(USD/리터)도 IEA의 자료를 사용하였으며,⁵⁾ 국가별 소비자물가지수(2010=100)를 이용하여 실질로 전환하였다. 또한, 두 유종 간 상대가격(relative price)은 경유 가격을 휘발유 가격으로 나누어 계산하였다. <그림 1>은 휘발유 가격을 1로 두었을 때, 경유의 상대가격 분포를 보여준다. 본 표본의 휘발유 대비 경유의 상대가격은 평균 0.89, 표준편차 0.10의 대략적인 정규분포를 따르고 있다.

<그림 1> 휘발유 대비 경유의 상대가격 분포도(휘발유 가격=1)



4) OECD에 가입한 유럽 27개 국가 중 4개 국가(아이슬란드, 라트비아, 리투아니아, 터키)는 데이터의 부재로 제외하였다.

5) 유럽에서 가장 널리 사용되는 휘발유인 Euro-Super 95의 품질기준은 옥탄가 95RON (Research Octane Number)이상이므로 IEA에서 제공하는 Premium unleaded (95RON) gasoline의 가격을 사용하였다(Zimmer and Koch, 2017).

추가적으로 제 II장에서 기술한 선행연구들을 따라 소득, 차량재고 변수, 대중교통 발달정도, 기온변수를 통제하였다.⁶⁾ 먼저 소득 수준을 통제하기 위하여 세계은행(World Bank)에서 제공하는 1인당 GDP를 실질로 전환하여 사용하였다. 차량재고변수는 1인당 경유승용차보유대수를 사용하였으며, 유럽연합통계국(Eurostat), 유럽 자동차 제조사 협회(European Automobile Manufacturers' Association, ACEA) 및 유엔 유럽경제위원회(United Nations Economic Commission for Europe, UNECE)에서 수집한 경유승용차 등록대수를 인구수로 나누어 계산하였다. 대중교통 발달 정도는 전체 인구 중 도시 거주 인구 비중(%)으로 대리하였으며, 세계은행 통계를 사용하였다. 기온변수는 유럽위원회(European Commission)에서 제공하는 월별 냉방도일(기준온도: 24℃) 및 난방도일(기준온도: 15℃)을 연도별로 합산하여 사용하였다.

〈표 2〉 분석자료 요약

자료	단위	기간	출처
도로 수송 경유 소비량	톤	1990-2019	IEA Oil Information Statistics
휘발유, 경유 가격 및 소비세	USD/리터	1990-2019	IEA Energy Prices and Taxes
1인당 GDP	USD	1990-2019	World Bank
경유승용차 등록대수	대	1990-2019	Eurostat, ACEA, UNECE
전체 인구 중 도시 거주 인구 비중	%	1990-2019	World Bank
냉·난방도일	-	1990-2019 (월별)	European Commission
인구	명	1990-2019	OECD Statistics
소비자물가지수	2010=100	1990-2019	World Bank

- 6) 상기한 통제변수들을 모형에 포함시킨 이유는 선행연구에서 지적하였듯이 경유 수요에 영향을 미치는 변수들이 부재할 경우, 추정에 편의(bias)가 발생할 수 있기 때문이다. 우선 경유차량재고변수는 경유 소비와 양의 상관관계를 가짐이 알려져 있다(Polemis, 2006; Burguillo-Cuesta et al., 2011). 또한, 도시거주 인구비율로 대리한 대중교통의 발달은 일정 수준 이하에서 도로 부문 에너지소비와 유의한 음의 관계에 있다(신동현, 2015). 마지막으로 휘발유 수요와 난방도일 간에는 통계적으로 유의한 상관관계가 포착되지 않으나, 냉방도일과는 통계적으로 유의한 양의 상관관계가 존재하여 날씨가 더워질수록 수요가 증가함이 밝혀져 있다(나인강, 2001; 오선아 등, 2015). 이러한 결과에 근거하여 경유 수요 추정 모형에 냉·난방도일을 통제변수로 포함하였다. 본 연구에서 추정된 통제변수들의 계수의 부호는 선행연구와 일관되게 나타났다(〈표 6〉 참조).

〈표 3〉은 앞서 설명한 변수들의 기초통계량을 보여준다. 주요 변수를 중심으로 살펴보면, 도로 수송 부문의 평균 1인당 경유 소비량은 0.47톤이다. 또한, 휘발유 가격이 경유 가격보다 평균적으로 높고, 휘발유 소비세 역시 경유보다 높음을 알 수 있다. 이는 유럽 국가들이 대체로 경유에 대하여 우대세제를 적용해왔음을 반영한다.

〈표 3〉 기초통계량

변수	평균	표준편차	최소값	최대값	관측치 수
1인당 경유 소비량	0.47	0.55	0.06	3.86	557
휘발유 가격	1.49	0.41	0.81	5.53	
경유 가격	1.33	0.38	0.65	3.48	
휘발유 소비세	0.92	0.26	0.48	3.55	
경유 소비세	0.73	0.21	0.33	2.36	
1인당 GDP	37,817	20,819	5,919	117,323	
1인당 경유승용차보유대수	0.13	0.10	0	0.44	
전체 인구 중 도시 거주 인구 비중	74.87	10.75	51.53	98.04	
냉방도일	53.97	88.68	0	448.68	
난방도일	3,196	1,115	1,055	6,206	

IV. 분석 모형

본 연구는 수송 연료의 수요탄력성을 추정하는 연구에서 널리 사용된 이중로그함수 형태의 선형 정태 모형을 사용한다(Baltagi and Griffin, 1983; Dahl and Sterner, 1991; Basso and Oum, 2007; Wadud et al., 2009; Ramli and Graham, 2014; Aklilu, 2020). 이때, 휘발유 대비 경유의 상대가격에 따른 경유 수요의 자기가격탄력성의 변화를 확인하기 위해 기존 연구에서 주로 사용하는 회귀모형에 두 연료 간 상대가격의 사분위수로 4개의 구간을 구성하여, 각 구간을 나타내는 더미변수와 상호작용 항을 추가적으로 포함하였다. 즉, 본 연구의 추정 모형은 다음과 같다.

$$\ln D_{it} = \sum_{j=1}^4 \text{Quartile}_{it}^j \times (\beta_0^j + \beta_1^j \ln P_{it} + \beta_2^j \ln Y_{it} + X_{it} \gamma^j) + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (1)$$

여기서 D_{it} 는 i 국가의 t 연도의 도로 수송 부문 1인당 경유 소비량, P_{it} 는 경유 가격(실질), Y_{it} 는 1인당 GDP(실질)를 나타낸다. X_{it} 는 1인당 경유 소비량에 영향을 미치는 통제변수의 벡터로 1인당 경유승용차보유대수, 전체 인구 중 도시 거주 인구 비중, 냉·난방도일과 함께 연도더미를 포함한다. 도시 거주 인구 비중을 제외한 통제변수들은 모두 로그 변환하였다(단, 냉방도일은 일부 표본값이 0이므로 1을 더한 후 로그 변환하였다). 마지막으로, μ_i 는 국가별 고정효과를 나타낸다.

Quartile_{it}^j ($j = 1, 2, 3, 4$)은 휘발유 대비 경유 상대가격의 사분위수를 기준으로 나누어진 네 개의 구간을 나타내는 더미변수로, j 번째 구간에 속하면 1, 아니면 0의 값을 가진다. “제 1구간 (0~25%, 상대가격이 가장 낮은 구간, $n=140$)”은 0.82 미만, “제 2구간 (25~50%, $n=139$)”은 0.82 이상 0.89 미만, “제 3구간 (50~75%, $n=139$)”은 0.89 이상 0.97 미만, 마지막 “제 4구간 (75~100%, 상대가격이 가장 높은 구간, $n=139$)”은 0.97 이상의 상대가격을 포함한다. 각 상대가격 구간에 속하는 국가별 연도별 관측치는 <부록 그림 1>에 제시하였다. 결과를 명확하게 제시하기 위해 사분위수에 초점을 맞추었지만, 다른 기준으로 구간을 나누어도 (예컨대 5-7분위수) 본 논문의 주된 결과는 강건하게 나타난다 (V. 장 및 <부록 그림 2> 참조).

선행연구(Davis and Kilian, 2011; Zimmer and Koch, 2017 등)에서 지적했듯이, 식 (1)의 추정에서 가격과 소비량 사이의 동시성 문제로 인한 내생성 문제를 통제해야 한다. 이를 위해 선행연구를 따라 연료소비세를 연료가격의 도구변수로 하여 2단계 최소자승법을 이용한 고정효과모형을 추정한다.

마지막으로, 본 연구의 결과를 기존 방법에 따른 결과와 비교하기 위해 상대가격의 변화를 고려하지 않는 벤치마크 모형을 추정한다. 구체적으

로, 벤치마크 모형은 다음과 같다.

$$\ln D_{it} = \beta_0 + \beta_1 \ln P_{it} + \beta_2 \ln Y_{it} + X_{it} \gamma + \mu_i + \epsilon_{it} \quad (2)$$

V. 분석 결과

이 장에서는 실증분석 결과를 기술한다. 이하에서 탄력성의 대소 관계에 대한 서술은 추정치의 절댓값을 기준으로 한다.

〈표 4〉는 식 (1)의 추정으로부터 도출된 경유 수요의 탄력성을 상대가격 구간에 따라 보고한다. 왼쪽 열의 모형 (1)은 가격, 소득, 연도 변수와 상대가격 터미변수 간 상호작용 항을 포함하며, 오른쪽 열의 모형 (2)는 1인당 경유승용차보유대수, 전체 인구 중 도시 거주 인구 비중, 냉·난방도일과의 상호작용 항을 추가로 포함한다. 〈그림 2〉는 휘발유 대비 경유 상대가격 구간에 따른 경유 수요의 자기가격탄력성의 그래프를 보여준다.

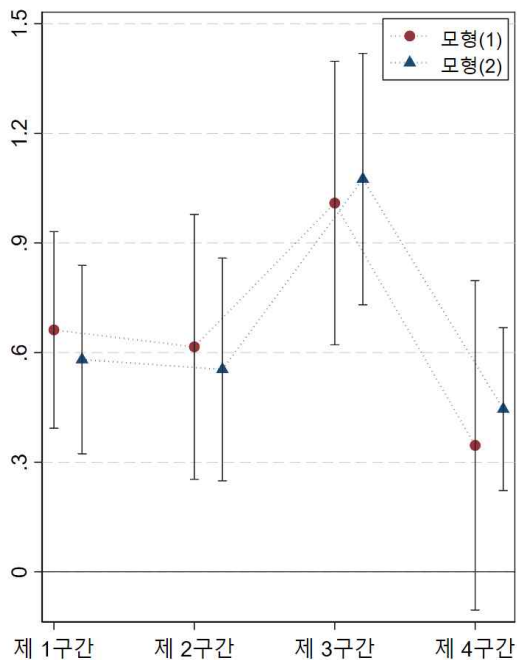
〈표 4〉 휘발유 대비 경유 상대가격 구간별 경유 수요함수 추정결과

	ln(1인당 경유 소비량) (1)		ln(1인당 경유 소비량) (2)	
ln(경유 가격)				
제 1구간	-0.662***	(0.137)	-0.581***	(0.132)
제 2구간	-0.616***	(0.185)	-0.554***	(0.156)
제 3구간	-1.009***	(0.198)	-1.075***	(0.176)
제 4구간	-0.346	(0.230)	-0.445***	(0.114)
ln(1인당 GDP)				
제 1구간	0.769***	(0.153)	0.621***	(0.069)
제 2구간	0.644***	(0.144)	0.510***	(0.080)
제 3구간	0.496***	(0.141)	0.422***	(0.079)
제 4구간	0.408***	(0.153)	0.316***	(0.092)
ln(1인당 경유승용차보유대수)				
제 1구간			0.157***	(0.033)
제 2구간			0.162***	(0.035)

제 3구간			0.184***	(0.031)
제 4구간			0.189***	(0.035)
전체 인구 중 도시 거주 인구 비중				
제 1구간			-0.023***	(0.004)
제 2구간			-0.023***	(0.004)
제 3구간			-0.026***	(0.004)
제 4구간			-0.028***	(0.004)
ln(냉방도일)				
제 1구간			0.029	(0.018)
제 2구간			0.028	(0.018)
제 3구간			0.022*	(0.012)
제 4구간			0.006	(0.008)
ln(난방도일)				
제 1구간			-0.195*	(0.114)
제 2구간			-0.159	(0.102)
제 3구간			-0.113	(0.100)
제 4구간			-0.221	(0.135)
상수항				
제 1구간	-9.321***	(1.585)	-4.143***	(1.120)
제 2구간	-8.186***	(1.407)	-3.267***	(1.138)
제 3구간	-6.607***	(1.427)	-2.285*	(1.247)
제 4구간	-5.722***	(1.526)	-0.174	(1.371)
연도변수 및 연도변수와 상대가격 더미변수 간 상호작용 항 포함여부	0		0	
관측치 수	557		557	
국가 수	23		23	

주. ***, **, *는 1%, 5%, 10% 유의수준을 의미하며, 괄호의 값은 클러스터 표준오차(Clustered standard error)이다.

〈그림 2〉 휘발유 대비 경유 상대가격 구간에 따른 경유 수요의 자기가격탄력성(절댓값) 변화



추정 결과, 경유 수요의 자기가격탄력성이 상대가격에 대해 현저하게 증가했다가 다시 감소하는 역 U자형 패턴을 따르는 구간이 존재함을 발견하였다. 구체적으로, 경유 수요의 자기가격탄력성은 제 1, 2구간에서 0.55-0.66으로 추정되었으며, 제 3구간에서 1.01-1.08로 증가하여 탄력적으로 변화하였다가, 제 4구간에서 0.35-0.45로 다시 감소한다. 제 3구간의 탄력성은 제 1, 2구간의 탄력성보다 52-94% 높으며, 제 4구간의 탄력성보다 142-192% 높다.

〈표 5〉에서는 모형 (1)(〈표 4〉의 왼쪽 열)을 기준으로 각 구간 탄력성 추정치와 다른 구간 탄력성 추정치 간 차이에 대한 통계적 유의성을 검정하였다. 검정 결과, 제 3구간의 탄력성은 다른 모든 구간보다 통계적으로 유의하게 높음을 알 수 있다. 모형 (2)(〈표 4〉의 오른쪽 열)의 유의성 검정 결과도 동일하다.

〈표 5〉 휘발유 대비 경유 상대가격 구간 간 자가격탄력성의 차이(모형 (1))

기준구간 \ 비교구간	제 1구간	제 2구간	제 3구간	제 4구간
제 1구간	-	0.046 (0.141)	-0.347* (0.195)	0.316 (0.218)
제 2구간		-	-0.394* (0.218)	0.270 (0.240)
제 3구간			-	0.663*** (0.225)
제 4구간				-

주. 각 칸의 값은 기준구간과 비교구간의 가격탄력성 추정치의 차를 나타낸다. ***, **, *는 t-검정 하에서 1%, 5%, 10% 유의수준을 의미하며, 괄호 안의 값은 클러스터 표준오차이다. 예컨대 1행 3열의 값은 모형 (1)에서 $Quartile_{it}^3 \times \ln P_{it}$ 항과 $Quartile_{it}^1 \times \ln P_{it}$ 항 계수 차이인 $\hat{\beta}_1^3 - \hat{\beta}_1^1$ 의 값이 $-1.009 + 0.662 = -0.347$ 이며 (〈표 4〉 모형 (1) 참조), 표준오차는 0.195이고, 10% 수준에서 유의함을 나타낸다.

이러한 결과는 경유와 휘발유가 동질적인 재화(homogeneous goods)로서의 성격과 차별적인 재화(differentiated goods)로서의 성격을 함께 지니고 있기 때문에 나타나는 것으로 해석할 수 있다. 이때, 수송용 연료에 대한 선호는 이를 사용하는 차량에 의해 결정된다는 보완재적 성격을 고려할 필요가 있다. 선행연구에 따르면 자동차와 같이 에너지를 소비하는 내구재(energy-using durable goods) 구매 시, 소비자는 차량 가격, 연비, 미래 연료 가격 및 소비량 예측 등을 통해 총 비용을 계산하여 결정한다고 알려져 있다(Verboven, 2002; Allcott, 2011).

우선 경유와 휘발유는 동일한 기능, 즉 자동차의 동력을 제공하는 기능을 수행한다는 점에서 동질적이다. 특히 여러 자동차 제조사에서는 전체적으로 비슷한 성능을 지닌 경유 엔진 모델과 휘발유 엔진 모델을 함께 판매하는데, 이러한 차종의 구매를 고려하는 소비자에게는 경유와 휘발유가 완벽히 동질적인 재화에 가깝다고 볼 수 있다. 휘발유 대비 경유의 낮은 연료비용이 경유 차량 증가의 주요 결정요인 중 하나라는 사실이 선행 연구를 통해 밝혀졌으며, 이는 상당한 비중의 소비자들이 경유와 휘발유를 동질적인 재화로 간주함을 시사한다(Greene, 1986; Burguillo-Cuesta et al., 2011; Harding, 2014). 미시경제이론에 따르면 완벽하게 동질적인

두 재화로 이루어진 시장의 경우, 가격이 낮은 재화가 수요 전체를 점유하며 가격이 높은 재화의 수요는 0이다. 따라서 경유와 휘발유를 동질적 재화에 가깝게 인식하는 소비자들은 경유 가격이 휘발유 가격보다 현저히 낮을 경우 경유 가격이 올라도 경유차를 휘발유차로 대체하려는 유인이 크지 않지만, 두 연료의 가격이 비슷한 경우 경유 가격 상승에 따라 경유차에서 휘발유차로 선호가 이동할 유인이 크다. 이는 제 1, 2구간에 비해 상대가격이 1에 가까운 제 3구간에서 경유 수요의 자기가격탄력성이 현저히 높게 나타나는 현상을 설명한다.⁷⁾

한편, 경유와 휘발유는 차별적 재화로서의 성격 또한 지닌다. 몇몇 차종들은 경유 엔진 모델 또는 휘발유 엔진 모델만으로 판매되는데, 이들은 성능, 크기, 디자인, 용도(레저용, 화물 운송용 등) 등의 측면에서 차별적이기 때문이다. 제 4구간에서는 경유가 휘발유보다 상대적으로 비싸기 때문에,⁸⁾ 경유차 소비자들 중 이러한 차별적 특성에 대한 선호가 강해 경유 가격 상승에 대해 상대적으로 비탄력적으로 반응하는 소비자의 비중이 타 구간에 비해 높을 것이다. 예컨대 SUV(Sports Utility Vehicle) 차량은 경유 엔진 차종이 지배적이므로, SUV에 대한 선호가 강한 소비자는 경유 가격이 상승해도 경유차를 휘발유차로 대체할 유인이 비교적 적다. 다른 예로, 화물차량 또한 경유 엔진 차종이 지배적이므로 휘발유로 대체가 어려우며, 따라서 화물 운송업 종사자들에게 있어 경유는 휘발유와 차별적인 재화이다. 화물 수송의 경우, 생계를 위한 경제활동과 연결되므로 경유 소비의 가격탄력성이 특히 낮다는 사실이 선행연구로부터 알려져 있다(Wadud, 2016; 조철근·정준환, 2017). 이는 제 4구간에서 경유 소비의 가

7) <표 4>의 추정 결과에 의하면 휘발유 대비 경유의 상대가격이 1보다 약간 낮은 제 3구간에서 가격탄력성이 높아지는데, 이는 완벽하게 동질적인 재화의 경우 상대가격이 1인 지점에서 대체가 일어난다는 사실과 불일치하는 듯 보인다. 이는 소비자가 차량 구매 결정에 있어 연료 가격만이 아닌 차량 가격, 유지비용 등을 모두 합한 총비용을 고려하기 때문으로 여겨진다. 즉 경유 모델과 휘발유 모델 사이에는 동일한 차종일지라도 차량 가격, 유지비용 등에서 차이가 있기 때문에, 탄력성이 크게 상승하는 지점은 이론적 예측값인 1과 다소 불일치할 수 있다.

8) 휘발유 대비 경유의 상대가격이 가장 높은 제 4구간의 평균 상대가격은 1.02로, 주로 휘발유보다 경유 가격이 높은 관측치들로 구성되어 있다(총 139개 관측치 중 90개).

격탄력성이 상대적으로 낮은 이유를 설명한다.

결과의 강건성을 검증하기 위하여, 휘발유 대비 경유의 상대가격 구간을 오분위수, 육분위수 및 칠분위수를 기준으로 구분하여 추정한 결과를 〈부록 그림 2〉에 수록하였다. 추정 결과, 상대가격 구간을 보다 세분화하여도 역 U자형 패턴이 유지됨을 확인하였다. 또한, 2015년 발생한 디젤게이트가 분석 결과에 영향을 미칠 수 있음을 고려해 2014년까지의 자료만을 활용하여 추정한 결과에서도 주된 결론이 강건함을 확인하였다. 이 또한 〈부록 그림 2〉에 수록되어 있다.

추가적으로, 〈표 4〉는 휘발유 대비 경유의 상대가격이 증가할수록 경유 소비의 소득탄력성이 감소함을 보여준다.⁹⁾ 본 연구에서는 국가 단위 및 도로 부문 전체 경유 소비 데이터를 사용하기 때문에 이를 명확히 해석하는 것에 한계가 있다. 다만 이러한 패턴이 나타나는 이유에 대해 몇 가지 가설을 제기할 수 있다. 첫째, 저소득층은 총지출 대비 연료비 비중이 높기 때문에 고소득층에 비해 연료 가격 변화에 민감하며, 따라서 경유의 상대가격이 높아질수록 경유차 이용자들 중 고소득층의 비율이 높을 것으로 추측된다. 그런데 수송용 연료는 필수재이기 때문에 소득이 높을수록 수요의 소득탄력성이 낮다고 알려져 있다(Wadud et al., 2009). 이는 상대가격 구간에 따른 소득탄력성 감소 패턴에 대한 부분적인 설명을 제공할 수 있다. 둘째, 앞서 언급하였듯이 경유의 상대가격이 높을수록 전체 경유 소비에서 화물의 비중이 높아질 것으로 예상된다. 그런데 선행연구들에 따르면 화물의 연료 소비의 소득탄력성은 승용에 비해 낮으며(Ramli and Graham, 2014; Wadud, 2016), 이 또한 경유의 상대가격이 오를수록 소득탄력성이 감소하는 이유가 될 수 있다. 상기한 설명 이외에도 여러 다른 요인이 존재할 수 있지만, 소득탄력성의 패턴에 대한 보다 엄밀한 분석은 향후의 연구주제로 남겨둔다.

휘발유와 경유 간 상대가격의 변화를 고려하지 않은 벤치마크 모형(식 (2))의 추정 결과는 〈표 6〉에 주어져 있다. 모형 (3)(〈표 6〉의 왼쪽 열)은

9) 인접한 상대가격 구간 간 소득탄력성의 차이는 모두 통계적으로 유의함을 확인하였다.

가격과 소득만으로 구성되며, 모형 (4)(〈표 6〉의 오른쪽 열)는 1인당 경유 승용차보유대수, 전체 인구 중 도시 거주 인구 비중, 냉·난방도일을 추가로 통제하고 있다. 이 경우 가격탄력성의 추정치는 0.66-0.74로 선행연구의 추정 범위에 속한다. 통제변수의 계수 또한 선행연구와 일관된 방향을 보인다(나인강, 2001; Polemis, 2006; Burguillo-Cuesta et al., 2011; 신동현, 2015; 오선아 등, 2015). 이 가격탄력성은 제 3구간의 추정치보다 26-38% 낮고 제 4구간의 추정치보다 47-114% 높게 나타난다.

〈표 6〉 경유 수요함수 추정결과(벤치마크 모형)

	ln(1인당 경유 소비량) (3)	ln(1인당 경유 소비량) (4)
ln(경유 가격)	-0.742*** (0.182)	-0.662*** (0.149)
ln(1인당 GDP)	0.733*** (0.175)	0.561*** (0.082)
ln(1인당 경유승용차보유대수)		0.177*** (0.035)
전체 인구 중 도시 거주 인구 비중		-0.030*** (0.006)
ln(냉방도일)		0.027*** (0.009)
ln(난방도일)		-0.230* (0.131)
상수항	-8.965*** (1.786)	-2.588* (1.511)
연도변수포함여부	0	0
관측치 수	557	557
국가 수	23	23

주. ***, **, *는 1%, 5%, 10% 유의수준을 의미하며, 괄호의 값은 클러스터 표준오차(Clustered standard error)이다.

VI. 결론 및 시사점

본 연구의 의의는 기존 연구들이 주목하지 않았던 경유와 휘발유 간 대체 관계가 경유 수요의 자기가격탄력성에 중요한 결정요인임을 실증적으로 밝혀내었다는 점에 있다. 이를 위해 유럽 23개국의 1990-2019년 패널 자료를 이용, 두 연료 간 상대가격 사분위수를 기준으로 표본을 나눈 뒤 각 구간별 경유 수요의 가격탄력성을 추정하였다. 실증분석 결과, 휘발유

대비 경유의 상대가격이 증가할 때, 경유의 가격탄력성(절댓값)이 현저히 증가했다가 다시 감소하는 역 U자형 패턴을 따르는 구간이 존재함을 발견하였다.

이러한 연구 결과는 경유 수요의 자기가격탄력성이 경유와 휘발유 간 상대가격에 따라 경제적 및 통계적으로 유의미하게 변화하며, 따라서 경유 소비 감소를 위한 경유 가격 조정 정책을 설계하는 과정에서 상대가격이 고려되어야 함을 시사한다. 이를 고려하지 않고 전 구간을 포괄하여 추정한 평균 가격탄력성에 의거하여 정책을 수립할 경우, 예컨대 휘발유 대비 경유의 상대가격이 제 3구간에 속한다면 경유의 자기가격탄력성을 과소추정하게 되므로, 경유 소비 감축 목표 달성을 위해 필요한 수준보다 더 높게 가격을 인상하여 경유차 이용자들에게 필요 이상의 부담을 지우게 된다. 반대로 상대가격이 제 4구간에 속할 경우, 경유의 자기가격탄력성을 과대추정하게 되므로, 실제 정책효과가 예측에 비해 미미할 수 있다.

본 연구 결과를 한국의 사례에 적용하면 다음과 같다. 예컨대 한국의 환경 정책 목표가 도로 수송 부문 경유 소비량의 5% 감축이라고 가정하자. 2019년 기준 한국의 휘발유 대비 경유의 상대가격 비율은 0.91로, 본 연구에서 정의한 제 3구간에 속한다. 이 구간에서 가격탄력성 추정치는 -1.009이므로 (<표 4>의 모형(1)), 감축 목표 달성을 위해서는 경유 가격을 현재 수준에서 4.96% (=감축목표 5% / 탄력성 1.009) 인상해야 한다. 2019년 기준 한국의 평균 경유 가격이 1,340.52원/리터임을 고려할 때, 이는 66.43원/리터 인상을 의미한다. 반면 상대가격에 따른 가격탄력성의 변화를 고려하지 않고 전 구간 평균 가격탄력성(-0.742, <표 6>의 모형(3))을 적용할 경우, 감축 목표를 달성하기 위해서는 경유 가격을 6.74% (=감축목표 5% / 탄력성 0.742), 즉 90.33원/리터 인상해야 한다. 국가 전체로 보면, 이러한 가격탄력성 추정치의 차이는 경유 소비자들에게 연간 약 1,459억 원의 추가적인 연료비용 부담을 야기하게 된다.¹⁰⁾

10) 제 3구간 가격탄력성 추정치를 적용해 경유 가격을 인상할 경우, 추가 연료비용은 4,366억 원이다 (=66.43원/리터×연간 경유 소비량×(1-0.05)). 연간 경유 소비량은 2017년 에너지총조사보고서 상 한국의 자가용 경유승용차량(승용일반형 및 승용다

본 연구에서는 경유 가격탄력성의 상대가격에 따른 변화를 분석하기 위해 상대가격을 4개의 구간으로 구분하여 모형에 반영하였다. 이러한 모형은 탄력성 변화 패턴에 관한 사전적 제약을 부과하지 않으므로 유연하다는 장점이 있지만, 한편으로 구간 개수가 늘어남에 따라 추정량의 분산이 빠르게 증가하기 때문에 탄력성의 변화 패턴을 정교하게 분석할 수 없다는 단점을 지닌다. 이를 극복하기 위해 유연한 비선형 추정 방법(a flexible nonlinear inference approach)을 도입해 탄력성 변화 패턴을 분석, 본 논문의 결과가 유지되는지 확인할 수 있을 것이다. 아울러, 본 연구에서는 축약형 수요함수를 사용했기 때문에 경유 가격 변화로 인한 경유 소비량의 변화를 채널에 따라 분리할 수 없다. 예컨대, 가격 인상으로 인한 소비량 감소가 차량의 대체에 의한 것인지 차량의 이용시간의 감소에 의한 것인지를 구분할 수 없다. 추후 구조적 모형을 추정해 채널을 분리한다면, 경유 가격정책의 효과를 더욱 정밀하게 예측할 수 있을 것이다. 마지막으로 본 연구는 도로 부문 전체 경유 소비를 대상으로 한다. 실제 가격 정책 시행 시, 경유를 사용하는 모든 수송 수단이 해당 정책의 영향을 받기 때문에 전체 경유 소비에 대한 이해가 선행될 필요가 있다. 추후 데이터가 확보된다면, 승용과 화물이 에너지원 전환의 용이성, 유가보조금 지급 여부 등에서 상이한 점을 고려하여 수송 수단별 경유소비량을 분리하여 분석하고, 나아가 각 수송수단의 용도별(상업/비상업) 차이도 분석한다면 연료 간 상대가격에 따른 경유 가격탄력성의 변화 양상에 대한 이해를 더욱 높일 수 있을 것으로 여겨진다. 이상의 내용들은 향후 연구과제로 남겨둔다.

목적형 포함) 연간 경유 소비량인 6,918,741,000리터를 적용하였다. 한편 전 구간 평균 가격탄력성 추정치를 적용해 경유 가격을 인상할 경우, 연간 경유 소비량은 6.80% (=가격인상 6.74%×탄력성 1.009) 감소하며, 따라서 추가 연료비용은 5,825억 원이다 (=90.33원/리터×연간 경유 소비량×(1-0.068)). 두 비용 간 차이가 가격탄력성 과소추정으로 인한 추가 연료비용 부담액에 해당한다.

■ 참고문헌 ■

- 강만옥·이상용·조장울, 2008, “수요탄력성 추정을 통한 2차 에너지 세계개편의 성과평가,” 『자원환경경제연구』, 17(3), pp.1-29.
- 나인강, 2001, 『국내 유가제도 변화의 효과 분석-휘발유 가격 및 수요를 중심으로-』, 울산: 에너지경제연구원.
- 박용덕·마용선, 2007, “수송용 석유류 조세체계 현황과 적정개편 방향,” 『에너지경제연구』, 6(2), pp.257-287.
- 신동현, 2015, “고령화·도시화와 변동성이 수송 부문 에너지소비에 미치는 효과에 관한 연구: 78 개 국가의 패널 자료 분석,” 『에너지경제연구』, 14(2), pp.127-176.
- 오선아·최고봉·허은녕, 2015, “국내 석유제품시장의 가격비대칭과 시장지배력 연구,” 『에너지경제연구』, 14(3), pp.1-25.
- 이동규, 2017, 『[조세재정 브리프] 수송용 에너지 상대가격 합리적 조정방안 검토』, 세종: 한국조세재정연구원.
- 임형우·조하현, 2020, “교통부문 탄소배출 탈동조화 현상의 원인분석 및 에너지전환의 효과: OECD 25개국 패널분석,” 『자원·환경경제연구』, 29(3), pp.389-418, DOI: 10.15266/KEREA.2020.29.3.389.
- 정준환·이지연·박성용, 2012, 『국내 수송용 석유제품 수요의 가격탄력성 변화 연구』, 울산: 에너지경제연구원.
- 조철근·정준환, 2017, 『국내 수송용 연료 수요의 가격 및 교차탄력성 추정에 관한 연구』, 울산: 에너지경제연구원.
- ACEA, 2017, Vehicles in use, Europe 2017, ACEA, Belgium
- _____, 2018, Vehicles in use, Europe 2018, ACEA, Belgium
- _____, 2019, Vehicles in use, Europe 2019, ACEA, Belgium
- _____, 2021, Vehicles in use, Europe 2021, ACEA, Belgium
- ACEA/ANFAC, 2010, European motor vehicle parc 2010, ACEA/ANFAC, Madrid
- _____, 2014, European motor vehicle parc 2014, ACEA/ANFAC, Madrid
- Aklilu, A.Z., 2020, “Gasoline and diesel demand in the EU: Implications for the 2030 emission goal,” *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 118, 109530, DOI: 10.1016/j.rser.2019.109530.
- Allcott, H., 2011, “Consumers' perceptions and misperceptions of energy costs,” *American Economic Review*, 101(3), pp.98-104, DOI: 10.1257/aer.101.3.98.
- Anderson, S.T., 2012, “The demand for ethanol as a gasoline substitute,” *Journal of Environmental Economics and Management*, 63(2), pp.151-168, DOI: 10.1016/j.jeem.2011.08.002.
- Bakhat, M., X. Labandeira, J.M. Labeaga, and X. López-Otero, 2017, “Elasticities of

- transport fuels at times of economic crisis: An empirical analysis for Spain," *Energy economics*, 68, pp.66-80, DOI: 10.1016/j.eneco.2017.10.019.
- Baltagi, B.H. and J.M. Griffin, 1983, "Gasoline demand in the OECD: An application of pooling and testing procedures," *European Economic Review*, 22(2), pp.117-137, DOI: 10.1016/0014-2921(83)90077-6.
- Barla, P., M. Gilbert-Gonthier, and J.R.T. Kuelah, 2014, "The demand for road diesel in Canada," *Energy Economics*, 43, pp.316-322, DOI: 10.1016/j.eneco.2014.03.008.
- Basso, L.J. and T.H. Oum, 2007, "Automobile fuel demand: a critical assessment of empirical methodologies," *Transport reviews*, 27(4), pp.449-484, DOI: 10.1080/01441640601119710.
- Burguillo-Cuesta, M., M.J. García-Inés, and D. Romero-Jordan, 2011, "Does dieselization favour a cleaner transport? Evidence from EU-15," *Transport Reviews*, 31(5), pp.571-589, DOI: 10.1080/01441647.2011.566378.
- Dahl, C.A., 2012, "Measuring global gasoline and diesel price and income elasticities," *Energy Policy*, 41, pp.2-13, DOI: 10.1016/j.enpol.2010.11.055.
- Dahl, C. and T. Sterner, 1991, "Analysing gasoline demand elasticities: a survey," *Energy economics*, 13(3), pp.203-210, DOI: 10.1016/0140-9883(91)90021-Q.
- Davis, L.W. and L. Kilian, 2011, "Estimating the effect of a gasoline tax on carbon emissions," *Journal of Applied Econometrics*, 26(7), pp.1187-1214, DOI: 10.1002/jae.1156.
- De Jong, G.C., A. Schroten, H. van Essen, M. Otten, and P. Bucci, 2010, The price sensitivity of road freight transport: A review of elasticities, In E. Van de Voorde and T. Vanelslander (Eds.), *Applied transport economics: a management and policy perspective*, (First ed., pp. 203-231), Antwerp: De Boeck
- European Commission, 2021, "Monthly heating and cooling degree days in the European Union," Agri4cast Data.
- Eurostat, 2021, "Passenger cars, by type of motor energy and size of engine," https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/ROAD_EQS_CARMOT/default/table?lang=en&category=road.road_eqs, [21.11.27]
- Greene, D.L., 1986, "The market share of diesel cars in the USA, 1979-83," *Energy Economics*, 8(1), pp.13-21, DOI: 10.1016/0140-9883(86)90021-6.
- Hanly, M., J. Dargay, and P. Goodwin, 2002, *Review of income and price elasticities in the demand for road traffic*, Department for Transport, London. ESRC TSU
- Harding, M., 2014, *The diesel differential: Differences in the tax treatment of*

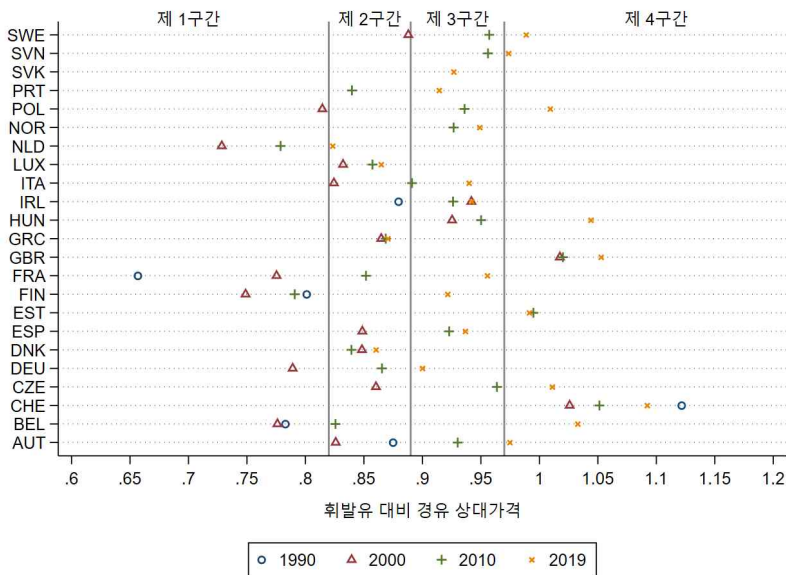
- gasoline and diesel for road use, *OECD Taxation Working Papers*, 21, pp.1-37, Paris, OECD Publishing, DOI: 10.1787/5jz14cd7hk6b-en.
- Hughes, J., C.R. Knittel, and D. Sperling, 2008, "Evidence of a shift in the short-run price elasticity of gasoline demand," *The Energy Journal*, 29(1), pp.113-134, DOI: 10.5547/ISSN0195-6574-EJ-Vol29-No1-9.
- IEA, 2021a, Energy consumption in road transport by source, 2000 vs. 2019, <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/energy-consumption-in-road-transport-by-source-2000-vs-2019>, [22.04.01]
- _____, 2021b, "OECD product supply and consumption (Edition 2020)," IEA Oil Information Statistics (database), DOI: 10.1787/487faf52-en.
- _____, 2022, "End-use prices: Energy prices in US dollars," IEA Energy Prices and Taxes Statistics (database), DOI: 10.1787/data-00442-en.
- Kwon, Y. and J. Lee, 2014, "Asymmetric responses of highway travel demand to changes in fuel price: An explanation via fuel price uncertainty," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 63, pp.56-66, DOI: 10.1016/j.tra.2014.02.020.
- Liddle, B. and H. Huntington, 2020, "'On the Road Again': A 118 country panel analysis of gasoline and diesel demand," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 142, pp.151-167, DOI: 10.1016/j.tra.2020.10.015.
- Liu, G., 2004, Estimating energy demand elasticities for OECD countries. A dynamic panel data approach, Statistics Norway
- Mayeres, I. and S. Proost, 2001, "Should diesel cars in Europe be discouraged?," *Regional Science and Urban Economics*, 31(4), pp.453-470, DOI: 10.1016/S0166-0462(00)00082-X.
- OECD, 2020, "2020 OECD 한국경제보고서", <https://www.oecd.org/economy/surveys/Overview-2020-economic-survey-korea-korean.pdf>, [22.04.17]
- OECD Statistics, 2021, "Historical population," <https://stats.oecd.org/>, [21.11.17]
- Pock, M., 2007, Gasoline and diesel demand in Europe: new insights, Reihe Ökonomie/Economics Series, 202, pp.1-30, Vienna, Institute for Advanced Studies(IHS).
- Polemis, M.L., 2006, "Empirical assessment of the determinants of road energy demand in Greece," *Energy Economics*, 28(3), pp.385-403, DOI: 10.1016/j.eneco.2006.01.007.
- Ramli, A.R. and D.J. Graham, 2014, "The demand for road transport diesel fuel in the UK: Empirical evidence from static and dynamic cointegration techniques," *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 26, pp.60-66, DOI: 10.1016/j.trd.2013.10.010.

- Schipper, L. and L. Fulton, 2009, "Disappointed by diesel? Impact of shift to diesels in Europe through 2006," *Transportation research record*, 2139(1), pp.1-10, DOI: 10.3141/2139-01.
- UNECE, 2019, "Road vehicle fleet at 31 December by vehicle category and fuel type," https://w3.unece.org/PXWeb2015/pxweb/en/STAT/STAT__40-TRTRANS__03-TRRoadFleet/03_en_TRRoadFuelFlt_r.px/, [2021.11.27]
- Verboven, F., 2002, "Quality-based price discrimination and tax incidence: evidence from gasoline and diesel cars," *RAND Journal of Economics*, 33(2), pp.275-297, DOI: 10.2307/3087434.
- Wadud, Z., 2016, "Diesel demand in the road freight sector in the UK: Estimates for different vehicle types," *Applied Energy*, 165, pp.849-857, DOI: 10.1016/j.apenergy.2015.12.102.
- Wadud, Z., D.J. Graham, and R.B. Noland, 2009, "Modelling fuel demand for different socio-economic groups," *Applied Energy*, 86(12), pp.2740-2749, DOI: 10.1016/j.apenergy.2009.04.011.
- World Bank, 2021a, "Consumer price index (2010=100)," <https://data.worldbank.org/indicator/FP.CPI.TOTL>, [21.11.17]
- _____, 2021b, "GDP per capita (current US\$)," <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.PCAP.CD>, [21.11.17]
- _____, 2021c, "Urban population (% of total population)," <https://data.worldbank.org/indicator/SP.URB.TOTL.IN.ZS>, [21.11.17]
- Zimmer, A. and N. Koch, 2017, "Fuel consumption dynamics in Europe: tax reform implications for air pollution and carbon emissions," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 106, pp.22-50, DOI: 10.1016/j.tra.2017.08.006.

〈부록 표 1〉 분석에 사용된 국가명 및 국가코드

국가코드	국가명	국가코드	국가명	국가코드	국가명
AUT	Austria	FIN	Finland	NLD	Netherlands
BEL	Belgium	FRA	France	NOR	Norway
CHE	Switzerland	GBR	United Kingdom	POL	Poland
CZE	Czech Republic	GRC	Greece	PRT	Portugal
DEU	Germany	HUN	Hungary	SVK	Slovak Republic
DNK	Denmark	IRL	Ireland	SVN	Slovenia
ESP	Spain	ITA	Italy	SWE	Sweden
EST	Estonia	LUX	Luxembourg		

〈부록 그림 1〉 국가별 연도별 상대가격

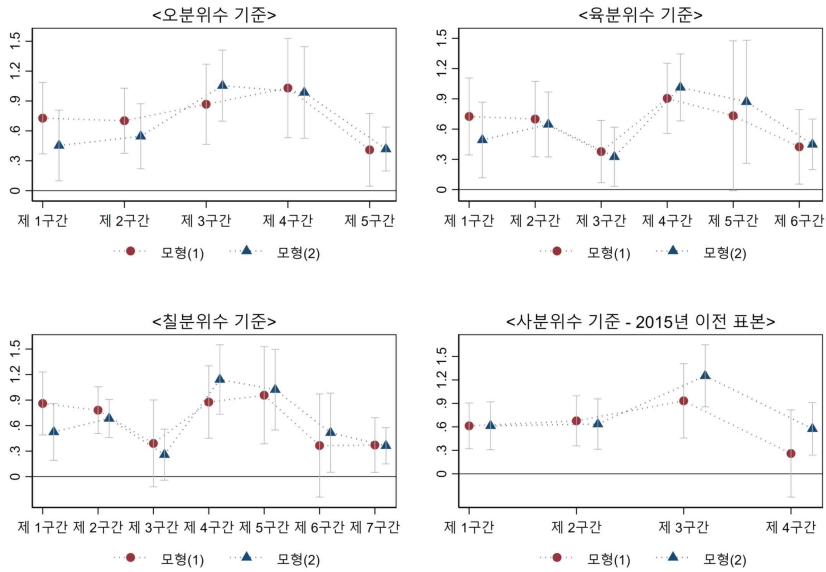


주. 본 연구의 자료는 불균형패널이므로, 각 국가의 상대가격에 부분적으로 결측값이 포함되어 있다.

〈부록 표 2〉 강건성 분석: 대안적 상대가격 구간 구분 방법

분위	전체 표본						2015년 이전 표본	
	오분위수		육분위수		칠분위수		사분위수	
	n	상대가격범위	n	상대가격 범위	n	상대가격 범위	n	상대가격 범위
1	112	0.62 - 0.80	93	0.62 - 0.79	80	0.62 - 0.78	112	0.62 - 0.81
2	111	0.80 - 0.86	93	0.79 - 0.85	80	0.78 - 0.83	111	0.81 - 0.88
3	112	0.86 - 0.92	93	0.85 - 0.89	79	0.83 - 0.87	111	0.88 - 0.96
4	111	0.92 - 0.98	93	0.89 - 0.94	80	0.87 - 0.91	111	0.96 - 1.16
5	111	0.99 - 1.16	93	0.94 - 1.00	79	0.91 - 0.95		
6			92	1.00 - 1.16	80	0.96 - 1.01		
7					79	1.01 - 1.16		
합계	557		557		557		445	

〈부록 그림 2〉 강건성 분석: 대안적 모형 추정 결과



주. 위 그래프의 y축은 경유 수요의 자기가격탄력성(절댓값)을 나타낸다. 본문 〈표 4〉에서와 같이 모형 (1)은 가격, 소득, 연도 변수와 상대가격 더미변수 간 상호작용 항을 포함하며, 모형 (2)는 1인당 경유 승용차보유대수, 전체 인구 중 도시 거주 인구 비중, 냉난방도일과의 상호작용 항을 추가로 포함한다.

임성민: 서울대학교 환경대학원 환경계획학과 박사과정에 재학 중이며, 에너지 전환, 에너지 가격 정책, 환경정책 분석 등의 연구를 진행 중이다(smlim@snu.ac.kr).

유지원: 서울대학교 행정대학원 정책학전공 박사과정에 재학 중이며, 경제의 이질적인 성장패턴에 관심을 가지고 있다. 이와 관련하여 재정정책과 혁신기반성장에 대한 연구를 진행 중이다(jiwonryu@snu.ac.kr).

투 고 일: 2022년 04월 22일
심 사 일: 2022년 05월 07일
게재확정일: 2022년 07월 05일