

유가보조금 감축이 환경에 미치는 영향: ARDL 모형을 중심으로

강만옥*

본 연구는 화석연료보조금 감축이 연료별 가격 변화를 통해 에너지 소비에 미치는 영향을 분석하고, 그로 인한 환경적 효과를 평가하였다. 분석 대상은 2021년 기준 연간 약 2조 3,429억 원에 달하는 유가보조금이며, 에너지원별 가격탄력성을 추정하기 위해 2002년 1분기부터 2023년 4분기까지의 분기별 데이터를 활용하여 ARDL(자기회귀시차 분포) 모형을 적용하였다. 연구 결과에 따르면, 유가보조금 감축은 연간 약 38만 2,000kL의 에너지 소비 감소를 유발하며, 이에 따라 연간 약 89만 톤의 이산화탄소 배출량이 감소할 것으로 추정되었다. 이는 유가보조금 축소가 이산화탄소 배출 저감에 실질적인 기여를 할 수 있음을 시사한다. 또한 EU에서 제시한 대기오염 물질의 단위당 환경피해 비용을 적용하여 배출 감소의 화폐 가치를 환산한 결과, 유가보조금 감축을 통한 연간 환경편익은 약 3,594억 원에 달하는 것으로 나타났다. 이산화탄소 배출량 저감효과만을 기준으로 톤당 62달러(미국 EPA 기준)를 적용했을 때, 환경편익은 약 634억 원으로 평가되었다.

핵심주제어: 유가보조금, ARDL 모형, 가격탄력성 추정, 이산화탄소 배출량 감축
경제학문헌목록 주제분류: C22, Q48, Q54

I. 서론

2015년 파리협정에서 국제 사회는 지구 평균 온도 상승을 산업화 이전 대비 2°C 이하로 제한하고, 가능하면 1.5°C 이하로 유지하기로 합의하였다. 이에 따라, IPCC에서 제안한 '2050 탄소중립' 목표가 글로벌 의제로 자리 잡으며 기후변화에

* 부산대학교 경제통상연구원 전문경력교수, 전화: (051) 510-3378, E-mail: manok1018@gmail.com

논문투고일: 2024. 10. 15 수정일: 2024. 11. 5 게재확정일: 2024. 11. 16

대한 대응이 국제 사회에서 중요한 과제로 부각되었다. 이러한 배경 속에서 EU, 미국, 일본 등 주요국은 재생에너지 확대, 에너지 효율 향상, 탄소세 도입, 화석연료보조금 폐지 등 다양한 정책을 추진하며 탄소중립 달성을 위한 노력을 기울이고 있다.

탄소중립을 실현하기 위해서는 특히 화석연료보조금의 폐지가 중요한 정책수단이다. 화석연료보조금은 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료의 가격을 낮추어 그 소비를 촉진하며, 결과적으로 온실가스 배출 증가로 이어져 기후변화 목표 달성을 저해하는 요소로 작용한다. 실제로 2000년대 후반부터 화석연료보조금의 경제적 비효율성과 환경에 미치는 부정적인 영향에 대한 인식이 확산되었고, OECD와 UNEP를 중심으로 보조금 감축 논의가 본격화되었다. 또한 2021년 G7과 G20 국가들이 2025년까지 단계적으로 보조금을 폐지하기로 합의하고, IPCC 6차 종합보고서에서도 이를 기후변화 대응의 주요 과제로 강조하면서 화석연료보조금 폐지는 글로벌 차원에서 중요한 환경정책으로 자리매김하였다. 2023년 COP28에서는 화석연료보조금 폐지를 위한 국제 연합이 출범하며, 전 세계적으로 보조금 축소 의지를 재확인하였다. 이는 환경에 해로운 보조금을 줄이고 경제적 효율성을 높이는 동시에, 기후변화에 대응하기 위한 상생적 효과를 기대하게 한다.

우리나라의 경우 유가보조금 제도, 탄가안정대책 보조, 농림어업용 석유류 간접세 면제, 연탄·무연탄 부가가치세 면세 등 다양한 화석연료보조금 및 세금 감면 혜택이 시행 중에 있다. 그러나 이러한 보조금은 에너지 과소비를 조장하고, 탄소중립 목표 달성에 큰 장애물로 작용하고 있다. 특히, 에너지 수요 증가와 높은 화석연료 의존도가 온실가스 배출의 주요 원인으로 지목되고 있어, 이를 해결하기 위한 정부의 역할과 대응이 더욱 중요해지고 있다. 우리나라 정부는 '제1차 국가 탄소중립·녹색성장 기본계획'(2023. 4)에서 농업 분야를 포함한 여러 부문에서 화석에너지 사용 축소를 주요 과제로 제시했으나, 구체적인 정책적 실행 방안은 아직 미흡한 실정이다. 특히, 수송 부문에서의 유가보조금은 2021년 기준 연간 2조 3,429억 원으로 전체 에너지보조금의 60% 이상을 차지하며, 이는 에너지 소비 증가와 대기오염 악화, 그리고 이산화탄소 배출 증가에 직접적인 영향을 미치고 있다.

향후 저탄소 녹색성장으로의 전환을 이루기 위해서는 화석연료보조금을 점진적으로 축소하고, 절감된 재원을 환경에 유익한 보조금으로 재투자하는 전략이 필요하다. 특히, 환경에 해로운 보조금을 줄이고 친환경적 보조금으로의 전환 방

안을 모색하여, 미세먼지 감소와 탄소중립 목표 달성에 기여할 수 있는 구체적인 정책 방향을 제시하는 것이 중요하다. 이에 따라 본 논문에서는 국내 에너지 부문에서 가장 큰 비중을 차지하는 유가보조금의 환경 위해성을 평가하고, 그 개편이 미칠 파급효과를 ARDL 모형을 통해 분석함으로써, 탄소중립 실현을 위한 정책적 시사점을 도출하고자 한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 서론에 이어 제Ⅱ절에서는 현행 유가보조금 제도의 문제점과 그와 관련된 환경 위해성을 설명하며, 제Ⅲ절에서는 에너지원별 수요탄력성 추정을 위해 에너지 수요변화 측정에 관한 선행연구를 검토하고, 본 연구에서 활용한 데이터와 방법론에 대해 논의한다. 제Ⅳ절에서는 ARDL 모형을 통해 추정된 에너지원별 가격탄력성을 활용하여 유가보조금 감축이 환경에 미치는 영향을 분석하고, 제Ⅴ절에서는 본 연구의 요약과 결론을 제시한다.

Ⅱ. 유가보조금 제도의 평가

1. 유가보조금 제도의 문제점

(1) 개요

유가보조금 제도는 2001년 에너지 세제개편에 따른 유류세 인상으로 인해 운송 사업자 및 차량 소유주의 경제적 부담을 완화하고, 교통 서비스의 질을 높여 시민의 교통 편의를 증진하는 목적으로 도입되었다. 이 제도는 주로 버스, 화물차, 택시 등 운송업 종사자와 차량 소유자를 대상으로 유류비의 일부 또는 전부를 지원함으로써 교통 서비스 산업의 경쟁력을 강화하고 안정적인 서비스 제공을 지원하고 있다. 이를 통해 운송업 종사자들의 재정적 부담을 덜고, 양질의 교통 서비스를 제공함으로써 시민의 이동 편의를 더욱 개선하는 효과를 기대하고 있다(이재민·홍갑선, 2007).

유가보조금 지급 대상은 「유가보조금 지급 지침」 제5조 1항에 의거하여 「화물자동차 운수사업법」에 따라 허가받은 사업용 화물자동차(단, 특수용도형 화물자동차 중 무동력차 제외), 「여객자동차 운수사업법」에 따라 면허를 받거나 등록한 노선버스 및 택시(2006년 7월 12일 이후 경유를 연료로 사용하는 택시 제외)가

지정되었다. 유가보조금 지급 유종은 유가보조금 지급 대상이 사용하는 유종으로, 경유 및 액화석유가스(LPG 부탄)를 연료로 사용하는 경우에 한정한다.¹⁾

「유가보조금 지급 지침」에서 제시하는 산정식은 다음과 같다. 즉, 유가보조금(원)=주유량(L)×지급단가(원/L). 유가보조금의 지급단가는 현재의 유류세액에서 2001년 6월의 유류세액인 리터당 경유 183.21원, LPG 부탄 23.39원을 뺀 나머지 금액으로 하고 있다. 2021년 10월 기준 유류세액은 경유가 리터당 528.75원, LPG 부탄은 221.36원이므로 유가보조금 지급단가는 경유는 리터당 345.54원, LPG 부탄은 197.97원이 된다(「화물자동차 유가보조금 관리 규정」 제8조 1항).²⁾ 유가보조금 지급 규모는 국토교통부에 의하면, 2021년에 2조 3,429억 원으로 나타났다으며, 이 중 화물차에 1조 7,262억 원(74%), 택시에 3,383억 원(14%), 그리고 버스에 2,784억 원(12%)을 지급하였다.

(2) 문제점

유가보조금 제도는 대기오염 및 온실가스 배출과 관련된 심각한 환경 문제를 야기하고 있다. 본 논문은 유가보조금 제도가 대기오염 및 온실가스 배출에 미치는 환경적 문제점을 중심으로 살펴보고자 한다.³⁾ 유가보조금 제도는 경유 차량의 운행을 촉진하여 다양한 환경 및 건강 문제를 악화시킨다. 경유는 연소 시 다량의 미세먼지를 배출하는 연료로, 이는 대기질을 악화시키고 사람들의 건강에 해로운 영향을 미친다. 특히, 미세먼지는 호흡기 질환과 심혈관 질환을 유발할 수 있으며, 어린이와 노약자에게는 더 큰 위험을 초래한다. 또한 경유 차량은 질소산화물(NOx)을 다량으로 배출하며, 이는 대기 중 휘발성 유기화합물(VOCs)과 반응하여 오존(O₃)을 생성한다. 지표면에서 오존 농도가 높아질 경우, 호흡기 질환을 악화시키고 천식 같은 만성 질환을 유발할 수 있다. 유가보조금은 경유 차량의 운행을 장려하면서 질소산화물 배출이 증가하고, 결과적으로 오존 농도 상승을 초래한다. 더불어, 경유 차량은 직경 2.5마이크로미터 이하의 초미세먼지

1) 유가보조금은 주행분 자동차세를 재원(교통에너지환경세의 부가세로 26%를 부과)으로 지급되며, 유가보조금 규모는 국토교통부가 산정하여 행정안전부에 통보하고 행정안전부는 지자체에 배분하는 구조이다(이재민, 2008).

2) 2022~2024년 상반기 동안의 유류세액은 경유가 리터당 335.58원, LPG 부탄은 118.47원으로 나타났다.

3) 이외에도 유가보조금 제도는 국가 재정에 큰 부담을 주고 있으며 자영업자와 소규모 상인들은 혜택을 받지 못하는 형평성 문제를 내포하고 있다. 또한 실제 주유량보다 과다하게 신고하여 보조금을 부정 수급하는 문제가 부각되고 있다.

(PM2.5)도 다량 배출한다. 초미세먼지는 폐 깊숙이 침투하여 심각한 건강 문제를 일으킬 수 있으며, 유가보조금으로 인해 경유 차량의 운행이 증가할수록 초미세먼지 배출도 증가하게 된다. 이는 특히 대도시에서 심각한 대기오염 문제를 초래하여 인체 건강에 큰 위협이 된다.

우리나라는 국제 사회와의 약속에 따라 2030년까지 2018년 대비 온실가스 배출량을 40% 감축하는 목표를 제시하였다. 그러나 유가보조금 제도는 이러한 감축 목표에 역행하는 정책으로 평가된다. 유가보조금이 경유, LPG 부탄 등 화석 연료 사용을 장려함으로써 이산화탄소 배출량을 증가시키기 때문이다. 특히, 내연기관 차량이 연료를 연소하면서 다량의 이산화탄소를 배출하는데, 이는 기후변화를 가속화시키는 주요 원인 중 하나로 지목되고 있다. 또한 유가보조금 제도는 대체 에너지의 개발과 보급을 저해할 우려가 있다. 정부 예산이 유가보조금에 집중됨에 따라, 재생 가능 에너지와 대체 에너지 기술개발에 투자할 재원이 부족해지고 있기 때문이다. 이러한 자원 배분의 불균형은 장기적으로 에너지 전환과 지속 가능한 발전을 저해하는 결과로 이어질 수 있다.

2. 유가보조금 지급에 따른 대기오염 및 이산화탄소 배출량 추정

유가보조금 지급 대상의 연료별·차종별 대기오염 물질 배출량은 <표 1>에 제시되어 있다. 2021년 기준 경유의 경우, NOx 배출량이 전체 배출량의 약 75%를 차지하며 수송용 연료 중 초미세먼지(PM2.5) 배출량 또한 높은 수준을 보인다. 한편, 수송용 LPG는 CO 배출량이 약 89%로 다른 대기오염 물질에 비해 가장 높은 비중을 차지하고 있다.

<표 1> 유가보조금 지급 부문의 대기오염 배출량(2021년)

(단위: 톤)

구분		PM2.5	SOx	NOx	VOC	CO	합계
경유	버스	98	10	16,416	8,731	5,557	30,812
	화물차	2,317	75	154,167	4,414	28,738	189,711
	소계	2,415	85	170,583	13,145	34,295	220,523
수송용 LPG	택시	2	3	99	16	1,347	1,467
합계		2,417	88	170,682	13,161	35,642	221,990

자료: 환경부 국가미세먼지정보센터(2023. 12).

〈표 2〉 유가보조금 지급 부문의 이산화탄소 배출량 추정

(단위: 천CO₂톤)

구분	2017년	2018년	2019년	2020년	2021년
경유	14,348	14,416	14,880	14,206	14,543
수송용 LPG	4,002	3,728	3,674	3,197	3,088
합계	18,350	18,144	18,554	17,403	17,631

주: 각 연도별 사용량은 유가보조금 지급 대상 부문만을 고려한 사용량으로 에너지보조금 총액을 이용하여 추정된 값임[보조금총액(원)÷대상 연료의 단위당 보조금(원/L)].

자료: 에너지통계연보(2023)를 기반으로 저자 계산.

한편, 유가보조금 지급 대상에서 발생하는 연료별 이산화탄소 배출량은 〈표 2〉와 같이 추정되었다.⁴⁾ 경유 기준 배출량을 살펴보면, 2021년에 14,543천CO₂톤을 배출하고 있으며 이 값은 2107년 이후부터 큰 변화가 없는 것으로 나타났다. 수송용 LPG의 경우, 2021년에 3,179천CO₂톤을 배출하고 있으며 LPG 차량 감소로 인해 2017년부터 점차 배출량이 감소하고 있는 추세이다.

Ⅲ. 에너지원별 수요탄력성 추정

1. 선행연구 및 본 연구의 분석 방법

에너지 수요함수와 가격탄력성에 대한 연구는 1970년대와 1980년대 오일쇼크로 인한 경제적 혼란을 계기로 활발히 진행되었으며, 이후 다양한 연구 결과가 발표되었다. 최근에는 지구온난화 문제에 대응하기 위한 탄소세 및 배출권 거래제 등 기초 연구로서 에너지 수요함수와 가격탄력성에 대한 분석이 이어지고 있다. 특히, 휘발유의 가격탄력성을 다루는 대표적인 서베이 논문으로는 Dahl and Sterner(1991)와 Espey(1998)의 연구가 있다.

Dahl and Sterner(1991)는 전통적인 에너지 수요 모형을 10가지 형태로 분류

4) 연료별로(경유, 수송용 LPG)의 에너지 사용량을 이용하여 이산화탄소 배출량을 계산하였다. 2021년도 에너지 사용량은 유가보조금 지급 대상 부문만을 고려한 사용량으로 에너지보조금 총액을 이용하여 추정된 값이다[보조금총액(원)÷대상 연료의 단위당 보조금(원/L)]. 에너지원별 이산화탄소 배출량은 2017년 국가배출계수를 적용하여 계산하였다.

하였으며, 그중 주요 모형은 수요를 가격과 실질 소득의 함수로 나타내는 기본 구조를 갖추고 있다. 두 번째 모형인 부분 적응 모형(Partial Adjustment Model) 또는 종속변수 시차 모형(Lagged Endogenous Model)은 수요가 실질 가격, 실질 소득, 이전 기간의 수요에 의해 결정되는 형태로, 가격과 소득이 동일한 시차 구조를 따른다는 가정에 기반한다. 세 번째 모형은 가격과 소득이 서로 다른 시차를 가지므로 단기 탄력성과 장기 탄력성을 구분하여 추정할 수 있다. 해당 연구에서 분석된 185개의 연구 결과에 따르면, 휘발유의 단기 가격탄력성은 -0.22 에서 -0.31 사이로, 장기 가격탄력성은 -0.58 에서 -1.02 범위로 분포하였다.

Espey(1998)는 1966년부터 1997년까지 발표된 101개의 연구를 메타 분석하여 휘발유 수요의 가격탄력성을 도출하였다. 대부분의 연구는 OLS, GLS, 최우추정법, 오차성분 모형, 임의계수 모형 등을 사용하였으며, 분석 결과 휘발유의 단기 가격탄력성은 0에서 -1.36 사이, 평균값은 -0.26 으로 나타났다. 장기 가격탄력성은 0에서 -2.72 사이이며, 평균값은 -0.58 로 도출되었다.

OECD(1999)는 에너지 가격탄력성 추정을 위해 최소자승법, 공적분 기법, GLS, 반복 3단계 최소자승법(3SLS), 오차수정 모형(ECM), 임의효과 모형 등 다양한 방법을 사용하여 주요 논문을 정리하였다. 휘발유의 가격탄력성은 국가별 데이터 특성과 분석 방법에 따라 차이가 있지만, 단기 가격탄력성은 0에서 -0.83 사이, 장기 가격탄력성은 -0.23 에서 -1.4 사이로 보고되었다.

에너지 수요함수 및 가격탄력성 추정을 위한 구체적 방법론으로는 최소자승법(OLS), 최우추정법, 공적분 기법, ARDL, ECM 등이 사용된다. Wadud, Graham, and Noland(2009)는 벡터오차수정 모형을 통해 미국의 휘발유 소비를 분석하여 단기 가격탄력성을 -0.085 , 장기 가격탄력성을 -0.116 으로 추정하였다. Cheung and Thomson(2004)은 공적분 추정을 통해 중국의 휘발유 소비 식을 분석하여 소득과 가격을 주요 변수로 설정, 장기 가격탄력성 -0.559 와 단기 가격탄력성 -0.194 를 도출하였다. Rajindar and Manjulika(2007)는 일본의 휘발유 소비에 대해 OLS 모형과 부분적응 모형을 적용, 단기 가격탄력성 -0.115 와 장기 가격탄력성 -0.411 을 추정하였다. Baranzini and Weber(2013)는 스위스의 휘발유 소비 탄력성을 공적분 및 ECM 모형을 통해 추정한 결과 장기 가격탄력성이 -0.339 로 나타났다.

국내에서도 휘발유와 수송용 연료의 소비 및 가격탄력성에 대한 다수의 연구가 이루어졌다. 나인강(2006)은 시간 추세가 휘발유 수요 모형에 미치는 영향을 분석하여, 시간 추세를 반영하더라도 단기 및 장기 가격탄력성은 비탄력적이며,

단기 가격탄력성은 -0.01 , 장기 가격탄력성은 -0.13 으로 나타났다. 김영덕(2007)은 외환위기 이후 석유 소비의 특성을 분석하고, 석유 수요의 가격탄력성을 추정하였다. OLS 모형의 추정 결과, 수송용 휘발유의 단기 가격탄력성은 -0.095 , 장기 가격탄력성은 -0.469 로 나타났으며, 경유의 단기 가격탄력성은 -0.111 , 장기 가격탄력성은 -0.139 로 도출되었다. 김민성·김성수(2011)는 ARDL 모형을 통해 휘발유 소비의 장기 가격탄력성 -1.548 , 단기 가격탄력성 -0.448 을 도출하였다. 정준환·이지연(2017)은 월별 자료를 활용하여 모수함수 회귀 모형을 통해 휘발유와 경유, LPG에 대한 가격탄력성을 분석하였으며, 휘발유는 -0.251 , 경유는 -0.336 , LPG는 -0.206 으로 추정되었다.

본 연구는 ARDL 모형을 활용하여 수송 부문의 연료별(경유 및 LPG) 단기 및 장기 가격탄력성을 추정하고자 한다.⁵⁾ ARDL 모형의 특성과 장점을 살펴보면, 이 모형은 단기 및 장기 탄력성을 동시에 추정할 수 있다는 이점이 있다. 시계열 데이터에 단위근이 존재할 경우, 분석 결과의 신뢰성에 문제가 생길 수 있다는 우려가 있었지만,⁶⁾ 최근 연구에서는 시계열 데이터의 일부 또는 전부가 단위근을 가지고 그 관계가 $I(1)$ 일 때도 분석이 유효할 수 있음을 입증하였다.⁷⁾ 따라서 ARDL 모형은 시계열 데이터가 단위근이 없는 경우뿐만 아니라, 단위근을 가지고 공적분 관계가 존재하는 경우에도 적용할 수 있다는 장점을 지니고 있다.

2. 사용 데이터

(1) 본 연구에 활용된 데이터

본 연구의 분석에 활용된 주요 데이터는 2002년 1분기부터 2023년 4분기까지의 분기별 자료를 사용하였으며, 각 데이터의 세부 사항은 다음과 같다.

-
- 5) 본 연구는 기존연구와 다음과 같은 차별성을 갖는다. 먼저, 선행연구들에서 분석된 자료는 1990년대 및 2000년대 초반 데이터가 많았으며, 이는 최근의 경제 및 정책적 변화가 반영되지 않았을 가능성이 크다. 반면에 본 연구는 최신 데이터를 활용하여 최근의 정책적 요인과 에너지 시장의 구조적 변화를 반영한 가격탄력성을 추정함으로써, 더욱 현실성 있는 분석 결과를 제공한다. 다음으로 선행연구에서 주로 사용된 OLS, GLS, 공적분 기법과는 달리, 본 연구에서는 ARDL 모형을 채택하여 단기 및 장기 가격탄력성을 동시에 추정하였다.
 - 6) 시계열 데이터가 비정상적인 경우, 회귀 분석을 통해 실제로 상관관계가 없는 변수들 간에 마치 인과관계가 있는 것처럼 보이는 허구적 회귀(spurious regression) 결과가 발생할 위험이 크다.
 - 7) 자세한 내용은 Pesaran and Shin(1997), Akiyama, Pesaran, and Smith(1998) 등을 참조.

유가보조금 제도와 관련된 변수로 수송용 경유의 수요량(diesel_T)과 수송용 LPG의 수요량(lpg_T)은 한국석유공사 Petronet의 국내 석유 정보에서 제공하는 제품별·산업별 소비 데이터에서 확보하였다. 수송용 경유 수요량과 수송용 LPG 수요량을 집계한 뒤, Bbl단위를 1,000L로 환산하였다. 가격변수 역시 한국석유공사의 Petronet과 에너지경제연구원의 국가에너지통계 종합정보시스템에서 확보하였으며, 소비자물가지수를 사용하여 실질 가격으로 변환하였다. 수송용 경유 가격(diesel_TP)은 자동차용 경유 가격, 수송용 LPG 가격(lpg_TP)은 LPG 부탄 가격을 적용하였다.

가격변수 이외의 기타 변수에는 소득, 평균기온, 근로시간을 포함하였으며,⁸⁾ 수송용 연료의 경우 자동차 등록 대수를 포함하였다. 여기서 소득변수로는 한국은행 경제통계시스템의 실질 GDP(gdp)를 활용하였고, 평균기온 변수(temp)로 기상청의 16개 광역시도 월평균 기온을 분기별로 평균하여 이용하였다. 자동차 등록 대수(diesel_C, lpg_C)는 국토교통부에서 제공하는 자동차 등록현황 보고를 활용하였고 근로시간(working)은 고용노동통계의 근로 평균시간을 이용하였다. 분

〈표 3〉 변수들의 주요 기초통계량

변수명	평균	표준편차	최댓값	최솟값	관측 수
diesel_T	15.2663	0.2107	15.6039	14.7360	108
lpg_T	14.2463	0.1962	14.5298	13.8139	92
diesel_TP	7.0126	0.4350	7.5942	5.8304	108
lpg_TP	6.7022	0.2547	7.0513	6.0342	92
diesel_C	9.9865	0.2595	10.3100	9.4244	88
lpg_C	8.7381	0.1280	8.9010	8.3900	88
gdp	12.7248	0.2964	13.1442	12.1146	88
temp	2.7909	0.6990	3.5553	0.5104	108
working	6.2912	0.0915	6.4643	6.1277	108

주: 자연대수로 변환한 값을 사용함.
 자료: 저자 작성.

8) 소득, 평균기온, 근로시간을 설명변수로 추가한 근거는 다음과 같다. 소득수준이 높아지면 여가 활동과 장거리 운행이 증가해 자동차 연료 수요가 늘어날 수 있다. 또한 평균기온이 높거나 낮은 경우 차량의 에어컨과 히터 사용 빈도가 증가하여 연료 소비에 직접적으로 영향을 미친다. 마지막으로, 근로시간이 길어질수록 출퇴근을 위해 차량 이용이 빈번해져 연료 수요에 영향을 미칠 수 있다.

석에 사용한 모든 데이터는 자연대수(ln)로 변환하여 사용하였으며, 평균기온의 경우에는 음수값을 가지는 경우가 있어 10을 더한 후 자연대수로 변환하였다. <표 3>은 각 변수별 기초통계량을 보여 주고 있다.

(2) 데이터의 안정성 검정

단위근의 존재 유무를 통해 어떤 시계열 데이터가 안정적(stationary)인지 혹은 불안정적(non-stationary)인지 판단하기 위해 단위근 검정 실시가 필요하다. 단위근이 존재한다는 것은 시계열 데이터가 비정상 상태임을 의미하며, 단위근이 존재하지 않는다는 것은 정상 상태임을 의미한다. 단위근이 없는 안정적인 시계열 데이터의 경우 일반적인 회귀 분석을 적용할 수 있지만, 단위근이 존재하여 시계열이 불안정적이라고 판단되면 1차 차분 등을 통해 적합한 모형을 찾는 것이 필요하다.

본 연구에서는 DF 검정(Dickey-Fuller test)에서 오차항 자기상관 가능성을 보정하기 위해 보완된 ADF 검정(Augmented Dickey-Fuller test)을 활용하였다. <표 4>는 변수별 단위근 검정 결과이다. 이 표에서 확인할 수 있듯이, 대부분의 변수에서 단위근이 존재하여 불안정적인 시계열인 것으로 나타났다.

시계열 데이터가 단위근을 가질 경우, 즉 불안정적인 시계열인 경우 가성회귀

<표 4> 단위근 검정 결과

변수명	ADF test
diesel_T	unit root
lpg_T	1%
diesel_TP	5%
lpg_TP	10%
diesel_C	unit root
lpg_C	10%
gdp	unit root
temp	unit root
working	unit root

주: 1%, 5%, 10%는 각각 귀무가설을 기각할 수 있는 신뢰수준을 나타냄. unit root는 귀무가설을 기각하지 못함, 즉 단위근이 존재하여 비정상 상태임을 의미함.
자료: 저자 작성.

(spurious regression) 가능성 때문에 통상적인 회귀 모형 분석에 사용할 수 없다. 그러나 불안정적인 시계열 데이터라도 회귀 모형에 사용되는 변수 간에 공적분 관계가 존재한다면 변수 간의 선형결합은 $I(0)$ 이 되어 통상적인 회귀 모형으로 분석할 수 있다.

Engle and Granger(1987)에서 두 시계열 변수 x_t 와 y_t 가 각각 단위근을 가지는 불안정적인 시계열이더라도 이들의 선형결합 z_t 가 안정적인 시계열이 되게 하는 α 가 존재하는 경우 x_t 와 y_t 는 공적분 관계에 있다고 정의한다. 즉, 단위근을 가지는 불안정적인 두 시계열 선형조합이 $I(0)$ 이 되는 것을 말한다. 여기서 z_t 가 안정적인 균형오차인지 검정함으로써 x_t 와 y_t 의 공적분 관계를 확인할 수 있다.

$$z_t = x_t - ay_t \tag{1}$$

본 연구는 공적분 검정을 위해 Johansen 공적분 검정법을 수행하였으며, 그 결과는 <표 5>에 요약되어 있다.

diesel_T 회귀 모형의 Johansen 공적분 검정 결과, 99% 신뢰수준에서 최대 3개의 공적분 관계가 존재한다. 이것은 매우 높은 신뢰수준에서 diesel_T 변수와 다른 변수들 간에 3개의 장기적인 균형 관계가 존재함을 의미한다. 95% 신뢰수

<표 5> 공적분 검정 결과

변수명	시차	변수 수	공적분	
			1% 유의수준	5% 유의수준
diesel_T	Lag 8 ¹⁾	6 ²⁾	At most 3 ³⁾	At most 3 ³⁾
lpg_T	Lag 8 ¹⁾	6 ²⁾	At most 3 ³⁾	At most 4 ⁴⁾

주: 1) 시차가 8이라는 것은 이 변수와 다른 변수들 간의 관계를 분석할 때, 8기간의 시차를 두고 분석하였다는 것을 의미함. 시차는 변수들 간의 상관관계를 더 명확히 하기 위해 사용되는 중요한 요소임.

2) 변수 수가 6이라는 것은 이 분석에서 6개의 변수를 함께 고려하였다는 것을 의미함. 즉, 종속변수를 포함하여 총 5개의 변수를 통해 공적분 관계를 분석하였다는 것을 나타냄.

3) 99%의 신뢰수준에서 1개 이하의 공적분 관계가 존재함을 의미함.

4) 95%의 신뢰수준에서 1개 이하의 공적분 관계가 존재함을 의미함.

자료: 저자 작성.

준에서도 최대 3개의 공적분 관계가 존재한다. 이것은 비교적 낮은 신뢰수준에서도 diesel_T 변수와 다른 변수들 간에 동일하게 3개의 장기적인 균형 관계가 존재함을 의미한다. 이는 diesel_T 변수가 다른 변수들과 일관된 장기적인 연관성을 가지고 있음을 시사한다.⁹⁾

lpg_T 회귀모형의 Johansen 공적분 검정 결과, 99% 신뢰수준에서 최대 3개의 공적분 관계가 존재한다는 것은 매우 높은 신뢰수준에서 lpg_T 변수와 다른 변수들 간에 3개의 장기적인 균형 관계가 존재함을 의미한다. 이는 lpg_T 변수가 다른 변수들과 최소한 3개의 강한 장기적인 연관성을 가지고 있다는 것을 나타낸다. 95% 신뢰수준에서 최대 4개의 공적분 관계가 존재한다는 것은 비교적 낮은 신뢰수준에서도 lpg_T 변수와 다른 변수들 간에 4개의 장기적인 균형 관계가 존재함을 의미한다.¹⁰⁾

이상의 Johansen 공적분 검정 결과, 모든 회귀 모형에서 변수들 간에 1% 유의수준에서 공적분 관계가 있는 것으로 나타났다. 이를 토대로 다음에 설명할 ARDL 모형을 활용하여 장기 및 단기 가격탄력성을 추정하였다.

3. 추정 모형 및 추정 결과

(1) 기본 모형

자기회귀 시차분포 모형(autoregressive distributed lag model)은 유연성을 가지면서도 추정해야 할 모수의 수를 감소시킨 무한 시차 모형이라는 특징을 지닌다. 가장 단순한 ARDL(1, 1) 모형은 종속변수의 시차값 하나 이상과 설명변수 x_t 및 그 시차값 하나 이상을 포함한다. 통상 ARDL(1, 1) 모형은 아래 식 (2)와 같이 표현된다.

$$y_t = \mu + \beta_0 x_t + \beta_1 x_{t-1} + \gamma_1 y_{t-1} + e_t \quad (2)$$

9) diesel_T 변수가 다른 변수들과 장기적으로 균형을 이루는 관계가 있다는 것은 diesel_T 변수의 변화가 다른 변수들에도 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다. 예를 들어, diesel_T 변수의 가격 변동이나 수급 변화는 다른 에너지 관련 변수들에 영향을 줄 수 있다.

10) lpg_T 변수가 다른 변수들과 장기적으로 균형을 이루는 관계가 있다는 것은 lpg_T 변수의 변화가 다른 변수들에도 영향을 미칠 수 있다는 것을 의미한다. 예를 들어, lpg_T 변수의 가격 변동이나 수급 변화는 다른 에너지 관련 변수들에 영향을 줄 수 있다.

식 (2)를 확장하여 x 의 p 시차와 y 의 q 시차를 포함하는 모형은 ARDL(p, q)로 표시할 수 있다. 그러나 식 (2) 자체는 무한 시차를 포함하고 있으며, y_{t-1} 을 대입해 보면 그 의미를 쉽게 이해할 수 있다. 즉, $\gamma_1 | < 1$ 이라는 가정을 하면 식 (2)는 다음 식 (3)으로 나타낼 수 있다.

$$y_t = \alpha + \beta_0 x_t + \sum_{i=1}^{\infty} \gamma_1^{(i-1)} (\beta_1 + \gamma_1 \beta_0) x_{t-i} + \mu_t \quad (3)$$

식 (3)에서 $\alpha = \mu / (1 - \gamma_1)$ 이고, $\mu_t = e_t + \gamma_1 e_{t-1} + \gamma_1^2 e_{t-2} + \dots$ 이므로 식 (3)은 아래 식 (4)와 같은 무한 시차 분포 모형이 된다.

$$y_t = \alpha + \sum_{i=0}^{\infty} \alpha_1 x_{t-1} + \mu_t \quad (4)$$

따라서 p 와 q 의 값이 충분히 크다면, ARDL(p, q) 모형은 다양한 형태의 무한 시차 분포에 근접할 수 있다는 특징을 지닌다.

(2) 본 연구에 사용한 모형

본 연구에서 적용한 ARDL 모형의 기본 형태는 아래 식 (5)로 제시된다.

$$\begin{aligned} \ln Q_t = & \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_{1i} \ln Q_{t-i} + \sum_{i=0}^q \alpha_{2i} \ln P_{t-i} + \sum_{i=0}^r \alpha_{3i} \ln Y_{t-i} \\ & + \alpha_4 \ln C_t + \alpha_5 \ln T_t + \alpha_6 \ln W_t + \alpha_7 \ln temp + \mu_t \end{aligned} \quad (5)$$

- 여기서, Q : 에너지원별 수요량
 P : 에너지원별 실질 가격
 Y : 실질 GDP
 C : 자동차 등록 대수
 T : 평균기온
 W : 노동시간
 $temp$: 기온
 p : Q 의 시차
 q : P 의 시차
 r : Y 의 시차, ARDL(p, q, r)로 표시

위의 회귀식에서 에너지 수요는 전기의 에너지 수요, 현재 및 전기의 가격, 현재 및 전기의 소득 그리고 자동차 등록 대수, 기온, 노동시간에 의해 결정된다. α_{20} 는 에너지 가격이 1% 변할 때 에너지 수요량 변화율을 나타내어 단기 가격탄력성으로 해석된다.

식 (5)의 ARDL 모형을 $\ln Q_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_{1i} \ln Q_{t-i} + \sum_{i=0}^q \alpha_{2i} \ln P_{t-i} + \mu_t$ 로 간소화하면, $(1 - \alpha_{10}L - \alpha_{11}L^2 - \dots - \alpha_{1p}L^p) \ln Q_t = \alpha_0 + (1 + \alpha_{20}L + \alpha_{21}L^2 + \dots + \alpha_{2q}L^q) \ln P_t + \mu_t$ 로 재정리할 수 있다.¹¹⁾ 한편, 장기적 균형 관계에서는 $Q_t = Q_{t-1} = \dots = \bar{Q}$, $P_t = P_{t-1} = \dots = \bar{P}$ 이므로 장기균형 관계식은 $\bar{Q} = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_{10} - \dots - \alpha_{1p}} + \frac{\alpha_{20} + \alpha_{21} + \dots + \alpha_{2q}}{1 - \alpha_{10} - \dots - \alpha_{1p}} \bar{P}$ 이 된다. 따라서

$\sum_{j=0}^q \alpha_{2j} / (1 - \sum_{i=1}^p \alpha_{1i})$ 은 장기 가격탄력성이라고 해석할 수 있다.¹²⁾

앞서 제시한 모형을 통해 장기 가격탄력성을 도출하기 위해서는 lag의 값이 매우 중요한 요소이다. 본 연구는 Pesaran and Shin(1997)이 제안한 아카이케 정보 기준(Akaike information criterion: AIC)을 활용하여 시차(lag)를 결정하였다.¹³⁾

(3) 장·단기 가격탄력성 추정 결과

본 연구에서는 diesel_T 변수에 대해 ARDL(1, 0, 1) 모형을 사용하여 회귀 분석을 실시하였으며, 장·단기 가격탄력성의 추정 결과는 <표 6>과 같다.¹⁴⁾ 단기 가격탄력성은 현재 기간의 가격 변화가 수요에 미치는 영향을 나타내며 0.1641로 추정되었다. 이는 디젤 가격이 1% 상승할 때, 단기적으로 수요가 약 0.1641% 감소함을 의미한다. p-값은 0.0000으로, 이 결과는 통계적으로 매우 유

11) 식 (1)의 ARDL 모형에서 시차 연산자 L을 사용하여 간소화된 형태로 변환하였다.

12) 경제학에서 일반적으로 사용되는 장단기의 구분(단기: 1~2년, 중장기 5~10년)과 본 연구에서 사용된 장·단기의 개념(분기별 데이터 기준)에는 정의상 차이가 있으므로, 결과 해석 및 활용 시 이러한 차이를 주의해야 한다.

13) Pesaran and Shin(1997)은 AIC와 SC를 모두 사용해 ARDL 모형 추정치의 정확도를 검토하였으며, 그 결과 AIC를 활용하여 시차를 결정할 때 추정치의 편이가 더 적다는 것을 보여 주고 있다.

14) diesel_T(1, 0, 1) 모형에 대한 자세한 추정 결과는 부록의 <부표 1>을 참조.

〈표 6〉 연료별 장·단기 가격탄력성 추정 결과

연료	ARDL 모형	단기			장기		
		Coefficient	t-value	p-value	Coefficient	t-value	p-value
경유	ARDL (1, 0, 1)	-0.1641***	-5.1908	0.0000	-0.1894***	-5.2925	0.0000
수송용 LPG	ARDL (1, 1, 1)	-0.2062***	-4.1954	0.0001	-0.2999***	-2.7354	0.0077

주: *, **, ***는 각각 10%, 5%, 1% 수준에서 유의함.
자료: 저자 작성.

의미하다. 즉, 디젤 가격이 오르면 단기적으로 수요가 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타난다. 한편, 장기 가격탄력성은 시간의 경과에 따른 가격 변화가 수요에 미치는 영향을 나타내며 -0.1894로 추정되었다. 이는 디젤 가격이 1% 상승할 때, 장기적으로 수요가 약 0.1894% 감소함을 의미한다. p-값은 0.0000으로, 이 결과는 통계적으로 매우 유의미하다. 즉, 장기적으로도 디젤 가격이 오르면 수요가 감소하는 경향이 지속된다.

또한 lpg_T 변수에 대해 ARDL(1, 1, 1) 모형을 사용하여 회귀 분석을 실시하였다. 장·단기 가격탄력성 추정 결과는 〈표 6〉과 같다.¹⁵⁾ 수송용 LPG의 단기 가격탄력성은 -0.2062로 추정되었다. 이는 수송용 LPG 가격이 1% 상승할 때, 단기적으로 수요가 약 0.2062% 감소함을 의미한다. p-값은 0.0001로, 이 결과는 통계적으로 매우 유의미하다. 즉, LPG 가격이 오르면 단기적으로 수요가 감소하는 경향이 뚜렷하게 나타난다. 수송용 LPG의 장기 가격탄력성은 -0.2999로 추정되었다. 이는 LPG 가격이 1% 상승할 때, 장기적으로 수요가 약 0.2999% 감소함을 의미한다. p-값은 0.0077로, 이 결과는 통계적으로 유의미하다. 즉, 장기적으로도 LPG 가격이 오르면 수요가 감소하는 경향이 지속된다.

이렇게 추정된 탄력성을 비교하여 보면, 두 연료 모두 장기 가격탄력성이 단기 가격탄력성보다 크게 나타났다. 특히, 수송용 LPG는 단기 및 장기 모두에서 수송용 경유보다 가격탄력성이 더 크다. 이는 LPG 소비자가 가격 변화에 더 민감하게 반응함을 시사한다.¹⁶⁾

15) lpg_T(1, 1, 1) 모형에 대한 자세한 추정 결과는 부록의 〈부표 2〉를 참조.

16) 본 연구에서 추정한 경유와 수송용 LPG의 장단기 가격탄력성은 국내 기존 연구에서 제시된 추정치 범위에 속하는 것으로 나타났다. 김영덕(2007)의 경우, 경유의 단기 가격탄력성은 -0.111, 장기 가격탄력성은 -0.139로 나타났으며 수송용 LPG의 경우 장단기 가격탄

IV. 유가보조금 감축에 따른 파급효과 분석

1. 에너지 수요변화량 추정

앞에서 구한 에너지원별 가격탄력성 추정 결과를 통하여 유가보조금 감축 시¹⁷⁾ 예상되는 에너지 수요변화량을 다음과 같이 추정할 수 있다. 여기서 가격탄력성은 다음 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.¹⁸⁾

$$\text{가격 탄력성}(\varepsilon_p) = \frac{\text{수요량 변화율}}{\text{가격 변화율}} = \frac{d \ln Q_d}{d \ln P} = \frac{\Delta Q_d / Q_d}{\Delta P / P} \quad (6)$$

에너지 수요량 변화율은 식 (6)을 이용하여 가격탄력성에 가격변화율을 곱하여 구할 수 있다.¹⁹⁾ 2021년도 평균 에너지 가격은 리터당 경유가 1,391.4원(보조금 지급 시 가격 1,045.86원)이고 수송용 LPG는 932.24원(보조금 지급 시 가격 734.27원)이다. 여기에 유가보조금(경유 345.54원/L, LPG 197.97원/L)이 감축될 경우 경유의 가격변화율은 24.8%, 수송용 LPG는 21.2%로 나타났다. 여기에 가격탄력성을 곱하면, 경유의 수요변화율은 -4.7%가 되고, 수송용 LPG는 -6.36%가 된다.

경유와 수송용 LPG에 대한 유가보조금 감축에 따른 연간 에너지 수요 변화를 추정한 결과는 <표 7>에 제시되어 있다. 추정 결과, 2021년 이후 가격변화율이 동일하다고 가정할 경우 유가보조금이 100% 감축될 경우에 경유는 264천 kL, 수

력성이 각각 -0.248과 -0.031로 추정되었다. 김민·김성수(2011)의 경우, 경유의 장기 가격탄력성은 -1.085, 단기 가격탄력성은 -0.314로 추정되었다. 정준환·이지연(2017)의 경우, 경유의 가격탄력성은 -0.336, 수송용 LPG는 -0.206으로 추정되었다.

17) 본 연구에서는 유가보조금을 100% 감축 시, 50% 감축 시의 2개 시나리오로 나누어 추정하였다.

18) 본 연구에서는 분기별 데이터를 사용하여 가격탄력성을 추정했기 때문에, <표 6>의 장기 가격탄력성만을 분석 대상으로 삼았다.

19) 본 연구의 목적은 개별 연료의 가격 변화가 그 연료의 소비량에 미치는 직접적인 영향을 파악하는 데 있다. 장기적 연료 사용은 차량의 구조적 특성과 관련되어 있어 대체하기가 어려운 측면이 있다. 예를 들면, 경유 차량은 주로 상업적 용도로 사용되어 연비와 토크가 중요한데 이는 다른 연료로 대체하기가 쉽지 않다. 또한 LPG 차량은 주로 가정용 또는 특정 레저용 차량에 사용되므로 이러한 구조적 특성은 대체 가능성을 제한한다. 따라서 본 연구는 교차탄력성의 영향이 장기적으로도 미미하다고 판단하여 제외하였다.

〈표 7〉 유가보조금 감축에 따른 에너지 수요 변화(연간)

(단위: 천 kL/년)

구분		경유	수송용 LPG
유가보조금 지급 시: 2021년 에너지 사용량 ¹⁾		5,603	1,757
유가보조금 감축	100% 감축 시	-264 ²⁾	-118 ²⁾
	50% 감축 시	-132 ²⁾	-59 ²⁾

주: 1) 2021년 사용량은 유가보조금 지급 대상 부문만을 고려한 사용량으로 에너지보조금 총액을 이용하여 추정함[보조금 총액(원)÷대상 연료의 단위당 보조금(원/L)].

2) ()는 유가보조금 감축 시 저감량.

자료: 저자 작성.

송용 LPG는 118천 kL만큼 연간 에너지 수요가 감소되는 것으로 추정되었다. 유가보조금을 50% 감축할 경우에는 경유 132천 kL, 수송용 LPG 59천 kL만큼 연간 에너지 수요가 감소되는 것으로 추정되었다.

2. 환경개선 효과 추정

(1) 대기오염 물질 배출 감소량 추정

에너지 수요 변화에 따른 대기오염 물질 배출량 변화를 비교하기 위해 각 에너지원의 단위당 대기오염 물질 배출량을 계산하였다. 에너지원별 단위당 대기오염 물질 배출량은 국가미세먼지정보센터(www.air.go.kr)에서 발표한 2021년 에너지원별 대기오염 물질 배출량 자료 사용하여 계산하였으며, 그 결과는 〈표 8〉과 같다.

〈표 8〉의 단위당 배출량 데이터를 기반으로, 유가보조금 감축에 따른 대기오염 물질 배출 저감량을 산출한 결과는 〈표 9〉에 제시되어 있다. 유가보조금 50% 감축 시 대기오염 물질 배출량은 연간 5,781톤이 감소하고, 100% 감축 시에는 연간 11,562톤이 감소하는 것으로 나타났다.

〈표 8〉 에너지원별 단위당 대기오염 물질 배출량

(단위: kg/kL)

구분	PM2.5	SOx	NOx	VOC	CO
경유	0.243	1,499	22,188	2,181	8,857
수송용 LPG	0.100	0,000	3,210	1,113	15,378

주: 국가미세먼지정보센터(www.air.go.kr)의 2021년 대기오염 물질별 배출량을 2021년 연료 사용량으로 나누어 추산한 값임.

자료: 저자 작성.

〈표 9〉 유가보조금 감축에 따른 대기오염 물질 저감량

(단위: 톤/년)

구분		PM2.5	SOx	NOx	VOC	CO	합계
유가보조금 감축	50% 감축 시	38	197	3,116	354	2,076	5,781
	100% 감축 시	76	394	6,232	708	4,152	11,562

주: 〈표 9〉는 〈표 5〉의 유가보조금 감축에 따른 에너지 수요량 변화에 〈표 8〉의 에너지원별 단위당 대기오염 물질 배출량을 곱하여 추산한 값임.

자료: 저자 작성.

(2) 이산화탄소 배출 저감량 추정

경유 및 수송용 LPG의 수요량 변화와 2017년 국가탄소배출계수를 반영하여 이산화탄소 저감량을 추정한 결과는 〈표 10〉에 나타나 있다. 유가보조금을 100% 감축 시 연간 893천 톤이 감소하고, 50% 감축 시 연간 446천 톤이 감소하는 것으로 추정되어 유가보조금 감축이 이산화탄소 감축에 상당한 역할을 하는 것으로 나타났다.

〈표 10〉 유가보조금 감축에 따른 이산화탄소 배출 저감량

구분	이산화탄소 배출 변화량(CO ₂ 톤/년)	
	100% 감축 시	50% 감축 시
유가보조금 감축	892,910	446,455

주: 유가보조금 감축 시 발생하는 이산화탄소 배출 변화량은 EG-TIPS 에너지온실가스 종합 정보플랫폼(<https://tips.energy.or.kr/popup/toe.do>)의 온실가스 배출량 계산프로그램을 활용하여 추산함.

자료: 저자 작성.

(3) 환경 개선 편익 추정

유가보조금 감축에 따른 환경 개선 편익을 추정하기 위해, 대기오염 물질 배출 저감량을 유럽연합에서 제시한 〈표 11〉의 오염물질 단위당 한계피해비용을 적용해 화폐 단위로 환산하였다.²⁰⁾ 유럽연합의 추정치는 오염물질별 대기오염에 따른 사회적 한계비용을 산출한 것으로, 여기에는 인체 건강 피해(조기 사망률, 질병 발생률 등), 오존으로 인한 농작물 생산성 감소, 산성비로 인한 건물 및 구조물 손상 등의 피해비용이 종합적으로 반영되었다. 이 연구 결과는 가장 광범위한 자료와 신뢰성 있는 분석방법론을 적용하여 대기오염 물질 배출로 인한 피해를 추정하고 있어 신뢰성이 상당히 높은 편이다.²¹⁾ 한편, 유럽연합의 추정치에는 CO가 포함되지 않았기 때문에, 이에 대해서는 KAIST(1998)의 연구 결과를 이용하였다.²²⁾

이산화탄소의 경우 미국 EPA(2021)의 추정치를 활용하였다.²³⁾ 이에 따르면, 이산화탄소의 사회적 비용이 2030년 기준 톤당 62달러(2021년 평균환율 적용 시 70,983원)로 추정되었으며, 본 연구에서는 이를 기준으로 톤당 70,983원을 적용하여 계산을 수행하였다.

20) EU(2005)의 대기오염 물질별 한계피해비용 추정치를 2021년도 기준으로 우리나라에 편익 이전(Benefit transfer)하여 에너지원별 대기오염 물질별 한계피해비용을 추정하였다. 편익이전 시 EU 회원국 대비 우리나라의 인구밀도, 일인당 실질 GDP(PPP 기준), 환율을 고려하였다.

21) 이 연구는 EU 차원 및 회원국의 참여 결과로 나타난 것으로서 지금까지도 유럽 국가뿐만 아니라 관련 연구계에서 수송, 가정, 상업 및 산업 부문에서 광범위하게 적용되고 있으며, 이를 대체할 만한 신뢰성 있는 연구는 아직까지 나오지 않은 실정이다.

22) KAIST(1998).

23) US EPA(2021).

〈표 11〉 대기오염 물질 단위당 피해비용

대기오염 물질	PM2.5	SOx	NOx	VOC	CO
피해비용(원/kg)	258,665	59,917	44,666	10,638	7,276

자료: EU(CAFE CBA, 2005), KAIST(1998).

〈표 12〉 유가보조금 감축에 따른 환경 개선 편익

(단위: 백만 원/년)

구분	대기오염 물질	이산화탄소	합계	
유가보조금	100% 감축 시	359,366	63,380	422,746
	50% 감축 시	179,683	31,690	211,373

자료: 저자 작성.

앞에서 제시한 대기오염 물질 단위당 피해비용을 적용하여 배출 저감량을 금액으로 환산하면 유가보조금 100% 감축 시 연간 약 3,594억 원의 환경개선 편익이 나타났고, 50% 감축 시 연간 약 1,797억 원의 환경개선 편익이 발생하는 것으로 나타났다. 그리고 이산화탄소의 경우 톤당 62달러를 적용하여 계산하면 유가보조금을 100% 감축 시 연간 634억 원의 환경 개선 편익이 나타났고, 50% 감축 시 연간 317억 원의 환경 개선 편익이 발생하는 것으로 나타났다.

V. 요약 및 결론

화석연료보조금은 이산화탄소 배출을 직접적으로 증가시키며, 소비자와 기업이 석탄, 석유, 천연가스 등 화석연료를 더 많이 사용하게 만들어 전력 생산, 교통, 산업 등 주요 배출 부문에서 배출량을 크게 증가시키는 요인으로 작용한다. 우리나라는 화석연료에 다양한 보조금과 비과세·감면 혜택을 제공하고 있으며, 이러한 조치들은 에너지 과소비를 부추기고 탄소중립(net zero) 목표 달성에 장애가 되고 있다. 특히, 수송 부문에서 시행되는 유가보조금은 전체 보조금의 60% 이상을 차지하며 가장 큰 규모로 평가된다.

본 연구는 유가보조금을 감축할 경우 연료별 가격 변화가 에너지 소비량에 미

치는 영향을 분석하고, 이러한 보조금 감축이 환경에 미치는 영향을 분석하는 데 중점을 두었다. 분석은 2021년 기준으로 연간 약 2조 3,429억 원에 달하는 유가 보조금을 대상으로 이루어졌으며, 에너지원별 가격탄력성을 추정하기 위해 2002년 1분기부터 2023년 4분기까지의 분기별 데이터를 사용하여 ARDL(자기회귀시차분포) 모형을 활용하였다.

연구 결과에 따르면, 유가보조금을 감축할 경우 연간 에너지 수요는 약 38만 2천 kL 줄어들고, 이로 인해 연간 약 89만 톤의 이산화탄소 배출이 감소할 것으로 추정되었다. 이는 유가보조금 축소가 실제로 이산화탄소 배출 저감에 유의미한 기여를 할 수 있음을 시사한다. 또한 EU에서 제시한 대기오염 물질의 단위당 환경피해 비용을 적용하여 이 배출 감축량을 화폐 가치로 환산한 결과, 유가보조금 감축을 통한 연간 환경 편익이 약 3,594억 원에 이르는 것으로 나타났다. 이산화탄소 배출 저감만을 기준으로 하여 톤당 62달러(US EPA 기준)를 적용할 경우, 유가보조금 축소로 인한 연간 환경 편익은 약 634억 원으로 평가되었다.

향후 우리나라는 기후 변화 대응과 지속 가능한 성장을 위해 화석연료 의존도를 줄이고 저탄소 녹색성장을 실현할 수 있는 경제·사회 구조로 빠르게 전환할 필요가 있다. 이를 위해 우선적으로 유가보조금을 단계적으로 축소하여 온실가스 배출 증가의 주요 원인을 제거하고, 절감된 재정을 환경에 유익한 보조금으로 전환하는 정책이 필요하다. 이러한 재투자는 재생에너지 기술개발, 에너지 효율화 사업, 탄소 저감 기술 확대 등 기후 변화 대응을 위한 다양한 프로젝트에 활용되어, 탄소중립 달성을 위한 기반을 강화할 수 있다. 따라서 유가보조금의 단계적 축소와 환경친화적 보조금 확대 방안을 체계적으로 분석하고, 이를 통해 탄소중립 목표 달성에 실질적으로 기여할 수 있는 정책 대안을 마련하는 것이 필요하다.

본 연구의 한계점은 다음과 같다. 첫째, 정책 변화에 따른 외부효과를 충분히 반영하지 못했다는 점이다. 정부의 환경 및 에너지 정책은 장기적으로 특정 연료에 유리하거나 불리하게 작용할 수 있으며, 이러한 정책적 변동은 경유 및 수송용 LPG 수요에 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 환경규제가 강화되어 경유 사용이 제한될 경우 경유 수요가 크게 감소할 가능성이 있지만, 본 연구는 이러한 외부 변수를 충분히 고려하지 않았다.

둘째, 본 연구는 경유와 수송용 LPG의 가격 변화에 대한 개별 수요탄력성만을 분석하였기 때문에, 다양한 외부 요인이 복합적으로 작용하는 실제 상황을 완전히 반영하지 못하였다. 후속 연구에서는 환경 및 에너지 정책 변화를 반영하여 연료 수요에 미치는 영향을 더욱 포괄적으로 분석할 필요가 있다. 또한 교차탄력

성을 포함하여 경유와 수송용 LPG 가격 변화가 서로의 수요에 미치는 영향을 분석함으로써, 연료 간의 대체 관계를 명확히 규명하고 보다 정확한 연료 수요의 가격탄력성을 추정할 필요가 있다. 이를 통해 정책 수립에 더 유용한 자료를 제공할 수 있을 것이다.

부록: ARDL 모형 추정 결과

〈부표 1〉 diesel_T(1, 0, 1) 모형 추정 결과

단기				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-value	p-value
Indiesel_T(-1)	-0.1544*	0.0897	-1.7215	0.0890
Indiesel_TP	-0.1641***	0.0365	-5.1908	0.0000
lnGDP	0.7865**	0.3519	2.2352	0.0282
lnGDP(-1)	-1.1094***	0.4120	-2.6928	0.0086
Indiesel_C	1.1428***	0.1726	6.6212	0.0000
lnTEMP	0.0149*	0.0086	1.7399	0.0857
lnWORKING	0.7467***	0.2674	2.7924	0.0065
C	7.0718**	3.4808	2.0317	0.0455
장기				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
Indiesel_TP	-0.1894***	0.0310	-5.2925	0.0000
lnGDP	-0.2798	0.2089	-1.3392	0.1843
C	6.1259**	2.8667	2.1369	0.0357
R-square	0.7775	DW		1.8551

주: *, **, ***는 10%, 5%, 1% 신뢰수준에서 유의함.
 자료: 저자 작성.

〈부표 2〉 lpg_T(1, 1, 1) 모형 추정 결과

Variable	Coefficient	Std. Error	t-value	p-value
단기				
lnlpg_T(-1)	0.4832 ^{***}	0.0983	4.9135	0.0000
lnlpg_TP	-0.2062 ^{***}	0.0715	-4.1954	0.0001
lnlpg_TP(-1)	0.1933 ^{**}	0.0746	2.5906	0.0114
lnGDP	-0.6065 ^{**}	0.2601	-2.3319	0.0223
lnGDP(-1)	0.3804	0.2969	1.2812	0.2039
lnlpgC	0.6354 ^{***}	0.1356	4.6877	0.0000
lnTEMP	0.0500 ^{***}	0.0073	6.8672	0.0000
lnWORKING	0.3853 ^{***}	0.2131	1.8078	0.0744
C	2.8831	2.3399	1.2322	0.2215
장기				
lnlpg_TP	-0.2999 ^{***}	0.0754	-2.7354	0.0077
lnGDP	-0.4374 ^{***}	0.1472	-2.9718	0.0039
C	5.5785	4.3023	1.2966	0.1985
R-square	0.9656	DW		1.9827

주: *, **, ***는 10%, 5%, 1% 신뢰수준에서 유의함.
 자료: 저자 작성.

참고문헌

- 국가미세먼지정보센터, “2021 국가 대기오염 물질 배출량,” 환경부, 2023. 12
(www.air.go.kr).
- 김민성·김성수, “수송용 휘발유와 경유 수요의 가격 및 소득 탄력성 추정,” 『환경논총』 제50권, 2011, 159~182.
- 김영덕, “석유 수요와 탄력성의 변화,” KEEI ISSUE PAPER, Vol. 1, 2007, 1~20.
- 나인강, “기술 발전을 고려한 에너지 수요 추정,” 『에너지경제연구』 제5권, 2006, 205~222.
- 이재민, “화물운송업의 유가보조금 제도에 관한 연구,” 『한국경제연구』 제20권 제1호, 2008, 153~163.
- 이재민·홍갑선, “유가보조금이 화물자동차 운송업 소득분배에 미친 효과 분석,” 『한국경제연구』 제18권 제1호, 2007, 157~185.
- 정준환·이지연, 『국내 수송용 석유제품 수요의 가격탄력성 변화 연구』, 에너지경제연구원 연구보고서, 2017.
- KAIST, “청정연료 사용 지역 내에서 지역난방 사용연료의 합목적 선정에 관한 연구,” 1998.
- Baranzini, A. and S. Weber, “Elasticities of Gasoline Demand in Switzerland,” *Energy Policy*, Vol. 63, 2013, 674~680.
- Cheung, Ki-Yin and Elspeth Thomson, “The Demand for Gasoline in China: A Cointegration Analysis,” *Journal of Applied Statistics*, Vol. 31, Issue 5, 2004, 533~544.
- Dahl, Carol and Thomas Sterner, “Analysing Gasoline Demand Elasticities: A Survey,” *Energy Economics*, 13(3), 1991, 203~210.
- Engle, R. F. and C. W. J. Granger, “Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation, and Testing,” *Econometrica*, 55(2), 1987, 251~276.
- Espey, Molly, “Gasoline Demand Revisited: an International Meta-analysis of Elasticity,” *Energy Economics*, 20, 1998, 273~295.
- EU(CAFE CBA), “ExternE Externalities of Energy Methodology 2005

Update,” January 2005.

Hashem, Pesaran M., Ron P. Smith, and Takamasa Akiyama, *Energy Demand in Asian Developing Economies*, Oxford University Press, 1998.

Johansen, S., *Likelihood-based Inference in Cointegrated Vector Autoregressive Models*, Oxford University Press, 1995.

OECD, “Improving the Environment through Reducing Subsidies,” Paris France, 1998.

Pesaran, M. H. and Y. Shin, “An Autoregressive Distributed Lag Modeling Approach to Cointegration Analysis,” In Strom, S., ed., *Econometrics and Economic Theory in the 20th Century: The Ragnar Frisch Centennial Symposium*, Cambridge University Press, 1997.

Rajindar, K. and K. Manjulika, “Demand for Gasoline in Japan,” *International Journal of Transport Economics*, Vol. 34, 2007, 351~367.

US EPA, Interagency Working Group on Social Cost of Greenhouse Gases, United States Government, February 2021.

Wadud, Zia Wadud, Daniel J. Graham, and Robert B. Noland, “Modelling Fuel Demand for Different Socio-economic Groups,” *Applied Energy, Elsevier*, Vol. 86, 2009, 2740~2749.

[Abstract]

Environmental Impact of Reducing Transportation Fuel Subsidy in South Korea: An ARDL Model Approach

Man Ok Kang*

This study analyzes the impact of fossil fuel subsidy reductions on energy consumption through changes in fuel prices and evaluates the resulting environmental effects. The analysis focuses on transportation fuel subsidy amounting to 2.34 trillion KRW annually as of 2021. Using quarterly data from Q1 2002 to Q4 2023, the study employs an ARDL(Autoregressive Distributed Lag) model to estimate price elasticities for different energy sources. The results indicate that reducing transportation fuel subsidy could decrease energy consumption by 382,000 kL per year, leading to an estimated reduction of 890,000 tons of CO₂ emissions annually. This suggests that cutting transportation fuel subsidy can contribute significantly to lowering CO₂ emissions. Applying the EU's per-unit environmental damage cost of air pollutants, the annual environmental benefit from reduced emissions is estimated at 359.4 billion KRW. Based solely on CO₂ reduction, using a cost of \$62 per ton (U.S. EPA standard), the environmental benefit is assessed at 63.4 billion KRW.

Keywords: transportation fuel subsidy, ARDL model, estimation of price elasticity, reduction of carbon dioxide emissions

JEL Classification: C22, Q48, Q54

* Professor, Institute of Economics and International Trade, Pusan National University,
Tel: +82-51-510-3378, E-mail: manok1018@gmail.com

