

수송부문 연료소비의 리바운드 효과¹⁾

이 지 연 에너지경제연구원 부연구위원 (jiyonlee17@keei.re.kr)

1. 서론

특정 에너지사용의 효율성을 높이는 기술의 발전이 일어나 일반에게 보급되면 통상적으로 해당 에너지소비량은 감소할 것이 예상된다. 차량의 연비가 개선된다면 수송연료의 소비가 (적어도 장기적으로는) 감소할 것이라는 기대가 그 예라고 할 수 있을 것이다. 이렇게 감소될 것이 예상되는 (혹은 많은 경우 감소되었다 판단되는) 에너지소비량은 일차적으로 공학적 계산에 의해 도출되며, 이는 수요량을 포함한 여타 시장제반 상황이 변하지 않는다는 가정에 기반을 둔 이론적인 추정치라고 할 수 있다.

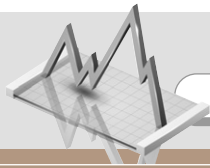
그러나 이러한 이론적인 추정치를 실제 에너지 절감량이라 판단하는 것 뿐 아니라 더 근본적으로는 에너지효율을 증진시키는 기술의 발전이 실제로 에너지소비의 감소를 유도하는지 여부에 대한 논란이 꽤 오래전부터 있어왔다. 19세기의 경제학자 Stanley Jevons는 1865년에 출판된 “석탄에 대한 주요 의문(The Coal Question)”에서 증기기관의 발달로 인

하여 “철강의 단위 생산당 필요한 석탄량이 3분의 1로 감소하였으나, 이로 인하여 1830년에서 1833년까지 스코틀랜드에서는 총 석탄소비가 10배 이상 늘었다”고 지적하였다. 이는 에너지의 효율성을 증진시키는 기술의 발전이 역설적으로 오히려 소비량을 증가시키는 결과를 낳았던 것을 보여주는 예이며, 이는 “Jevons의 역설(Jevons’ Paradox)”로 일컬어져 왔다.

보다 최근 들어 Khazzom(1980)은 이와 같은 공학적 계산에 의해 산출된 에너지 절감량이 달성되지 못할 가능성에 대하여 논하였다. 효율성을 높이는 기술의 발전에는 생산 단가를 하락시켜 균형가격을 낮추고 해당 재화의 수요량을 증가시키는 효과가 있다. 늘어난 수요량은 따라서 다시 에너지소비량을 증가시켜 효율관련 기술 발전으로 인해 예상되었던 에너지소비 감소량을 달성하지 못하도록 하는 요인이 된다.

이는 “리바운드(rebound)” 효과라 불리며 통상적으로 공학적으로 산출된 절감량의 비율(%)로 표현된다. 특히 Jevons의 예에서 처럼 리바운드 효과가

1) 본고는 이성인 · 이지연, 국가 에너지절약정책 평가시스템 구축 정책효과 분석모형 및 방법론 구축(산업 · 수송부문), 에너지경제연구원(2013)의 내용 중 일부를 부분적으로 수정 · 보완한 것임.



100%가 넘어 예상 절감량을 상쇄하고도 남을 경우 이는 결국 에너지효율 개선이 오히려 전보다 에너지 소비량을 증가시키는 결과를 낳게 됨을 의미하며 이는 “역화(backfire)” 효과라 구분되기도 한다.

정리하면 리바운드 효과는 기술의 개발, 합리적인 사용 등에 의해 에너지효율이 좋아져 동일한 사용에서 발생하는 비용이 감소되어 수요법칙에 따라 사용량이 늘어나는 현상을 의미한다. 그렇다면 이러한 리바운드 효과를 발생시키는 요인은 무엇일까? Madlener and Alcott(2009)은 리바운드 효과의 요인을 소득효과, 대체효과, 가격효과 of 세 가지로 구분하였다. 차량의 연비개선을 예로 들면, 이는 주행거리당 연료비용의 감소를 의미하며 주행거리가 변하지 않음을 가정할 때 이는 소비자의 구매력(purchasing power)이 증가함을 의미한다. 구매력 증가는 다시 차량의 추가소비 즉, 주행거리 증가로 이루어져 리바운드 효과를 유발하는 요인이 되며 이를 소득효과로 정의한다. 대체효과는 낮아진 주행비용으로 인해 차량의 소비가 다른 소비를 대체하는 효과를 의미하며, 이 또한 리바운드 효과의 한 요소라 할 수 있다. 마지막으로 에너지가 요소로 투입되는 제품의 생산과 수요가 변하지 않는다고 가정할 때, 에너지효율의 증가는 에너지수요의 감소로 이어져 에너지가격을 하락시킨다. 이렇게 하락한 에너지 가격은 다시 에너지로 하여금 다른 생산요소를 대체하게끔 하는 결과를 낳게 되고 이를 가격효과라고 정의한다.

리바운드 효과는 낮아진 상대가격으로 인해 해당

재화에 필요한 에너지의 투입량 변화에 의해 일어나기도 하지만 다른 재화의 소비를 동반적으로 증가시키기도 한다. 이와 같은 기준에 의해 리바운드 효과의 정의는 직접, 간접, 경제전반의 세 가지로 다시 구분할 수 있는 바, 이 분류는 Greening et al.(2000)에 의해 제시되었다. 먼저 직접효과(direct rebound effect)는 에너지효율의 개선이 해당 에너지의 소비만 늘리는 경우를 의미하는 반면 간접효과(indirect rebound effect)는 낮아진 에너지 상대가격이 다른 재화의 소비를 늘려 궁극적으로 에너지소비량을 증가시키는 효과를 의미한다. 경제전반효과(economy-wide rebound effect)는 낮아진 에너지 실질가격이 중간재와 최종재의 가격을 하락시켜 에너지 집약적인 산업의 이윤이 늘어나게 되고 이를 통해 생산량과 가격의 조정이 일어나게 되는 것을 의미한다.²⁾

간접효과와 경제전반 효과의 경우는 직접효과에 비해 효율 개선이 에너지 소비량에 영향을 미치는 경로가 복잡할 수 있다. 보다 명확한 구분을 위해 간접효과와 경제전반 효과의 경우 다시 두 가지로 분류될 수 있는 바, 첫 번째는 파생효과(secondary effect) 두 번째는 내재효과(embodied effect)로 정의된다.³⁾ 먼저 파생효과는 에너지효율의 개선이 소득효과를 통해 다른 재화의 소비 혹은 다른 산업의 생산에 영향을 미치는 경우를 의미한다. 반면 내재효과는 에너지효율적인 기술을 적용하거나 에너지 효율성이 뛰어난 재화를 생산하는데 에너지가 소비되어 발생하는 에너지소비량 증가를 의미한다. 이러한 리바운드 효과의 분류는 종합적으로 <표 1>과 같이 정리할 수 있다.

2) Sorrel and Dimitropoulos(2008)

3) Gavanker and Geyer(2010)



〈표 1〉 리바운드 효과의 분류

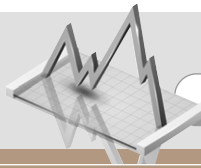
정의	리바운드 효과: 에너지효율 개선으로 인해 발생할 것이라고 예상되는 에너지절감이 효율개선에 따른 소비자 반응에 의해 상쇄되는 정도.				
리바운드 효과 종류	직접효과 : 특정 에너지와 관련된 효율개선이 해당 에너지소비에만 영향을 미치는 경우		간접효과 : 특정 에너지와 관련된 효율개선이 여타의 에너지소비에 영향을 미치는 경우		경제전반효과 : 경제전반에 걸친 소비
리바운드 효과 요인	소득효과 : 에너지효율 개선으로 인해 에너지소비 단위당 비용이 저렴해져 소비자의 구매력을 증대시키는 경우, 소득의 남은 부분을 추가적인 에너지 소비에 사용	대체효과 : 에너지원 간, 혹은 다른 에너지를 사용하는 재화나 서비스 간의 상대가격 변화로 인해 저렴한 제품의 소비를 늘리는 경우	파생효과 : 서로 다른 에너지 및 재화소비가 간 소득효과와 대체효과	내재효과 : 에너지효율 개선에 필요한 에너지 소비량의 증가	• 직접효과와 간접효과가 혼합된 형태로 발현되는 경우 • 에너지효율의 개선이 개인 소비자나 생산자의 비용을 절감시키는 효과보다는 경제 전반에 걸쳐 생산성을 향상시키는 효과에 주목
예시	• 연비가 좋은 차의 사용이 주행거리를 늘리는 경우 • 효율이 좋은 가스 난로를 더 오랜 시간 동안 사용하게 되는 경우	• 대중교통을 이용하는 대신 자가용을 이용하는 경우 • 효율이 좋은 가스난로를 전기난로 대신 사용하는 경우	• 연비가 좋은 차량으로 인한 주행거리 증가가 근거리 여행 수요를 늘리는 경우 • 효율적인 난방으로 절약한 소득을 다른 가전제품을 구입하는데 사용하는 경우	• 연비효율적인 차량을 제작하는데 사용되는 에너지 • 에너지효율적인 가스난로를 제작하는데 필요한 에너지	• 연료효율적인 차량의 증가로 사회 전반의 이동성이 향상되어 새로운 산업을 조성하는데 보다 좋은 여건을 조성하는 효과 • 목재 연소를 통한 난방에서 난방기술의 발전을 이루어 내고 효율적인 절연재의 개발이 공장이나 사업체의 생산성을 향상시키는 효과

자료: Gavankar, S. and R. Geyer, "The rebound effect: State of the debate and implications for energy efficiency research," June 26, 2010

리바운드 효과의 추정치는 이론적으로는 〈표 1〉에서와 같이 다양한 분류에 따라 추정되어야 할 것이다. 그러나 직접효과 이외의 경우는 효과가 전달되는 경로와 대상이 광범위하고 구분하기가 어려운 까닭에 리바운드 효과의 추정은 대부분 직접효과를 대상으로 한다. 본고는 Small and van Dender의 2007년 연구방법론에 기반, 우리나라의 수송부문에서의 리바운드 효과에 대한 시사점을 제공하는 것을 목적으로

로 한다.

이에 따라 본고에서는 2절에서 연료소비에 관련된 정책의 효과를 가늠하는데 있어 리바운드 효과의 고려가 왜 중요한지에 대하여 논의하고, 3절에서 리바운드 효과의 추정을 위해 사용한 방법론을 소개하며, 4절에서 추정결과에 대해 논의하고, 5절에서 본 연구결과를 간략히 요약하는 결론으로 끝을 맺는다.



2. 연료소비 관련 정책과 수송부문의 리바운드 효과

연료소비의 감소를 목적으로 하는 정책에는 여러 가지가 있다(〈표 2〉 참조). 그 대표적인 예가 연비규제이며 환경적인 요인에 의해 차이를 보이지만 세계 각국은 자국에 맞는 연비제도를 개발하여 시행하고 있다. 산업화가 진행된 국가일수록 연비에 대한 직접 규제 보다는 온실가스 배출기준을 통해 연료소비의 절감을 꾀하고 있는 경향이 강하다.

이와 같은 연비제도는 연료의 소비량이나 가격에 대한 직접규제가 아닌 차량에 대한 규제이다. 연료소비는 차량의 운행에서 파생되는 소비이기 때문에 자동차의 총운행거리가 변화하는 경우 수송연료 소비에

영향을 주게 된다. 자동차의 연비가 높아질수록 주행거리가 크게 변하지 않는 한 석유소비를 낮추는 데 효과적일 수 있다. 그러나 연비의 개선은 단위 거리당 주행비용의 감소를 의미하게 되며, 이에 따라 앞서 언급한 바와 같이 수요의 법칙에 따라 소비자는 주행거리를 늘리게 된다. 늘어난 주행거리는 연료소비를 증가시켜 연비개선에 따른 효과를 상쇄시키는 결과를 낳게 된다. 따라서 리바운드 효과는 수송부문에 있어서도 연료소비와 관련된 정책의 효율성 평가 시 중요하게 고려되어야 할 부분이다.

리바운드 효과가 작을 경우에는 연비규제와 같은 정책 수행에 있어 정책이 기대했던 효과, 즉 연료소비를 줄이는 효과를 얻는데 큰 문제가 없게 된다. 예를 들어 리바운드 효과가 5% 정도일 경우 연비규제를 통

〈표 2〉 각국의 연료소비 절감관련 제도

제도	방법	측정방식	국가 및 도시
기준제시	연비기준	차량의 종류에 대한 기준연비(mile/gallon), (km/L)	미국, 일본, 캐나다, 호주, 중국, 한국
재정관련	온실가스 배출기준	gCO ₂ /km	EU, 미국-캘리포니아
	유류세	원유가격의 50% 이상	EU, 일본
	자동차 세금과 등록비	배기량 및 CO ₂ 배출량에 따른 차등 비용	EU, 한국, 중국, 일본
기술개발 지원	R&D 지원	기술개발에 대한 재정 지원	미국, 일본, EU, 중국
	기술목표 의무화	온실가스 배출 Zero차 판매 의무화	미국-캘리포니아, 중국
주행조절	유인 제공	하이브리드 자동차 키폴라인 이용	미국-캘리포니아
	규제	도심지 혼잡비용 징수 SUV 도심운행 금지	파리, 런던, 서울
소비자 인식	연비 또는 온실가스 라벨링 제도	mile/gallon, km/l, L/100km, gCO ₂ /km	브라질, 한국, 미국 등

자료: An et al. (2011)



해 전체 차량의 연비가 좋아져 연료소비량이 줄 것을 예상했다면, 리바운드 효과로 인해 연료소비량의 감소분은 적어지겠지만 처음 예상했던 감소량의 95% 수준은 달성할 수 있다. 그러나 만약 리바운드 효과가 60~70%로 클 경우에는 예상 감소량의 절반 이상이 리바운드 효과로 상쇄됨을 의미하게 되어 기대했던 연비규제 효과를 얻게 되지 못할 가능성이 많다.

이렇게 정책 효과의 보다 면밀한 분석을 위해 다수의 연구에서 장·단기 리바운드 효과를 추정하였으며 그 결과가 <표 3>에 정리되어 있다. 평균적으로 단기기의 리바운드 효과가 장기기의 리바운드 효과보다 낮게 나타나며 단기는 5%~20%, 장기는 이보다 편차가 크고 50%를 넘어가는 추정치도 다수 존재하는 것으로 나타났다. 즉, 단기에는 연료소비 효율성 개선으로 인한 효과 중 5~20%가 주행거리가 늘어남을 통해 상쇄되는 반면 장기에는 절반 이상이 상쇄된다고 해석

할 수 있다.

3. 리바운드 효과 분석을 위한 방법론

본고에서는 Small and van Dender(2007) 연구의 방법론과 2001년에서 2011년까지의 자료를 이용하여 분석을 수행한다. 본절에서는 해당 방법론에 대해 소개하며 변수와 공식의 표기는 Small and van Dender(2007)의 방식을 따랐음을 밝혀두는 바이다.

수송연료의 리바운드 효과는 연료효율을 나타내는 변수 E 가 외생적으로 변화하는데 따른 효과로 정의되며 다음과 같은 관계가 성립된다.

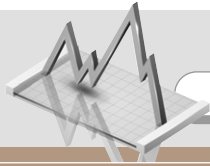
$$F = \frac{M}{E}$$

여기서 F 는 수송연료 소비량을 나타내고 M 은 연간

<표 3> 수송부문 직접 리바운드 효과 분석 사례

논문	대상국가	직접 리바운드 효과
Greene(1992)	미국	장기 : 5~20%
Jones(1993)	미국	단기 : 13%, 장기 : 30%
Johansson and Schipper(1997)	12 OECD	장기 : 5~55%
West(2004)	미국	단기 : 87%
Dargay(2007)	영국	단기 : 10%, 장기 : 14%
Small and van Dender(2007)	미국	단기 : 4.5%, 장기 : 80%
Sorrell and Dimitropoulos(2007)	영국	(상한) 단기 : 20~25%, 장기 : 80%
Frondel et al.(2008)	독일	장기 : 56~66%
Hymel et al.(2010)	미국	단기 : 4.7%, 장기 : 24.1%
Matiaske et al.(2011)	독일	비선형 리바운드 효과

자료: Yue, B. et al, "Evaluating the direct and indirect rebound effects in household energy consumption behavior: A case study of Beijing," 2013; Gavankar, S. and R. Geyer, "The rebound effect: State of the debate and implications for energy efficiency research," June 26, 2010



주행거리로 정의되며 또한 아래와 같은 식도 성립된다.

$$P_M = \frac{P_F}{E}$$

P_F 는 리터당 연료가격을 의미하여 P_M 은 단위 주행거리(km)당 연료비용을 나타내게 된다.

리바운드 효과는 주행거리(M)가(다른 변수보다) 운행 km당 발생하는 비용, 즉 km당 연료비용에 영향을 받기 때문에 발생한다. 연료효율이 좋아질 경우 동일한 거리를 보다 적은 연료를 이용하여 운행이 가능하게 되고 따라서 연료비용이 감소하게 된다. 본고에서 리바운드 효과는 거리당 연료비용(P_M)의 변화에 따른 주행거리(M)의 탄력성($\equiv \varepsilon_{M,P_M}$)을 통해 추정한다. 연료효율(E)이 외생변수로 주어지는 경우 연료소비의 연료효율 탄력성은 탄력성 공식은 다음과 같이 정리된다.

$$\varepsilon_{F,E} = -1 - \varepsilon_{M,P_M}^{4)}$$

즉, ε_{M,P_M} 이 0이 아닌 것은 연료 소비 F 가 E 에 반비례하지 않는다는 것을, $\varepsilon_{F,E}$ 의 절댓값은 1보다 작은 것을 뜻하여 이를 보통 리바운드 효과로 정의한다.

이와 같은 리바운드 효과의 추정은 그러나 연료효율이 외생적으로 결정되는 것이 아닌 연료의 가격이나 주행거리를 결정하는 변수에 영향을 받아 내생적으로 결정된다는 가정에 근거한다. 보다 구체적으로는 주행거리, 차량대수, 연료효율에 대한 선택결정이 동시에 이루어진다는 전제하에 모형이 구성된다. 본

고에서 연료효율은 사용 연료효율을 나타내며 따라서 이는 생산자와 소비자 사이의 상호작용을 거쳐 결정되는 변수라고 할 수 있다. 또한 이와 같은 결정에는 다양한 모델의 상대가격에 대한 제조업자의 조정, 소비자의 폐차 결정, 운전 습관과 같은 다양한 요인이 포함된다. 이러한 상호작용 및 요소들을 보다 구체적으로 고려하는 동태적 모형을 구성하는 것은 의미가 있다고 하겠으나, 본 연구의 범위에서는 벗어나 추후의 과제로 남겨두기로 한다.

이에 따라 리바운드 효과를 도출하는데 필요한 변수들은 주행거리, 자동차 등록대수(혹은 판매량), 연료효율을 동시에 결정하는 연립방정식 모형을 이용하여 추정하게 된다. 이 구조방정식(structural equations)은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} M &= M(V, P_M, X_M) \\ V &= V(M, P_V, P_M, X_V) \\ E &= E(M, P_F, R_E, X_E) \end{aligned} \quad (1)$$

M 은 성인 일인당 총 주행거리, V 는 성인 일인당 자동차 크기 평균, E 는 연료효율, P_V 는 신차의 가격 지표, P_F 는 연료 가격, $P_M = P_F/E$ 는 거리(km)당 연료비용, X_M , X_V , X_E 는 절편을 포함한 외생 변수들을 지칭하며, R_E 는 평균 연료효율에 직간접적으로 영향을 주는 규제 정책들을 나타낸다.

식 (1)의 구조모형은 부분 축약형(partially reduced form)으로 변형이 가능하다.⁵⁾

4)
$$\varepsilon_{F,E} = \frac{\frac{\Delta M}{E} \cdot \frac{M}{E}}{\frac{\Delta E}{E}} = \frac{\frac{\Delta M \cdot E - \Delta E \cdot M}{E^2} \cdot \frac{E}{M}}{\frac{\Delta E}{E}} = \frac{\frac{\Delta M}{M} - \frac{\Delta E}{E}}{\frac{\Delta E}{E}} = \varepsilon_{M,E} - 1$$

$$\varepsilon_{M,E} = \varepsilon_{M,P_M} \cdot \varepsilon_{P_M,E} = -\varepsilon_{M,P_M}$$

$$\begin{aligned}\hat{M} &= M[V(\hat{M}, P_V, P_M, X_V), P_M, X_M] \\ &\equiv \hat{M}(P_M, P_V, X_M, X_V) \quad (2)\end{aligned}$$

위의 식은 V 는 제거된 반면 E 는 그대로 남아있는 까닭에 “부분” 축약형으로 분류되며, E 는 P_M 에 포함되어 내생성 문제가 존재하게 된다. 부분축약형 모델을 이용하여 표현하는 경우 리바운드 효과는 $-\varepsilon_{\hat{M}, P_M}$ 으로 나타낼 수 있는 바, 이는 P_M 의 변화에 따른 축약형 모형에서 도출된 $\hat{M}(\cdot)$ 의 탄력성이라 정의할 수 있다. 식 (2)를 미분하고 정리하면 $\varepsilon_{\hat{M}, P_M}$ 는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\varepsilon_{\hat{M}, P_M} \equiv \frac{P_M}{\hat{M}} \cdot \frac{\partial \hat{M}}{\partial P_M} = \frac{\varepsilon_{M, P_M} + \varepsilon_{M, V} \cdot \varepsilon_{V, P_M}}{1 - \varepsilon_{M, V} \cdot \varepsilon_{V, M}}$$

앞서 정의한 구조방정식을 기반으로 하여 실증분석 방법론을 구성한다. 먼저 주행거리, 자동차 판매량, 연료효율에 존재하는 행태적 관성을 종속변수의 시차 변수로 정의하고 설명변수로 포함한다. 구조방정식에서 명시된 설명변수들을 포함시켜 추정식을 구성하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned}vma_t &= \alpha^m vma_{t-1} + \alpha^{mv} vehstock_t + \beta_1^m pm_t + \beta_3^m X_t^m + u_t^m \\ vehstock_t &= \alpha^v vehstock_{t-1} + \alpha^{vm} vma_t + \beta_1^v pv_t + \beta_2^v pm_t + \beta_3^v X_t^v + u_t^v \\ fint_t &= \alpha^f fint_{t-1} + \alpha^{fm} vma_t + \beta_1^f pf_t + \beta_2^f cafe_t + \beta_3^f X_t^f + u_t^f\end{aligned} \quad (3)$$

위 식에서 소문자로 표시된 모든 변수는 log를 취한 값이며 vma 는 성인 일인당 주행거리 평균 자연로그 값, $vehstock$ 는 성인 한명당 평균 자동차 대수의 자연로그 값, $fint$ 는 연료 효율의 역수(주행거리-연료 비율)에 자연로그를 취한 값, pf 는 연료 가격의 자연

로그 값, pm 는 거리(km)당 주행비용의 자연로그 값 ($= pf + fint$), pv 는 신차 가격 지수의 자연로그 값, $cafe$ 는 연료효율 규제 변수, 마지막으로 u 는 평균이 0인 잔차항을 의미한다.

식 (3)을 추정한 결과를 이용한 단기 리바운드 효과는 다음 같이 도출된다.

$$\varepsilon_{\hat{M}, P_V} = \frac{\alpha^{mv} \beta_1^v}{1 - \alpha^{mv} \alpha^{vm}}$$

두 번째로 단기 주행거리의 신차 가격 탄력성은 다음과 같이 계산되며,

$$\varepsilon_{\hat{E}, P_F} = \frac{\beta_1^f + \alpha^{fm} \beta_1^m}{1 - \alpha^{fm} \beta_1^m}$$

마지막으로 단기 주행거리-연료 비율의 연료 가격 탄력성은 다음과 같이 도출한다.

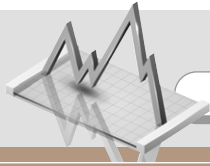
$$\varepsilon_{\hat{M}, P_M} = \frac{b_1^m + \alpha^{mv} \beta_2^v}{1 - \alpha^{mv} \alpha^{vm}}$$

식 (3)에서 연료효율을 설명하는 마지막 공식의 설명변수에는 규제 정책 변수($cafe$)가 포함되어 있다. 동 변수는 규제의 강도를 측정하는 변수로 직접관찰

은 가능하지 않아 추정을 하게 된다. $cafe$ 를 추정하는 방법 역시 Small and van Dender(2007)의 방법을 따랐으며 절차에 대한 설명은 다음과 같다.

먼저 규제가 부재했던 기간의 자료만을 가지고 Dataset을 구성하여 연료소비강도(fuel intensity)에

5) 두 번째 식을 첫 번째 식 M 에 대입.



대한 추정을 시행한다. 추정식은 식 (3)에 포함된 모든 외생변수를 포함하는 것을 원칙으로 하며 연료소비강도의 시차변수 또한 포함되게 된다.

$$fint_{it} = \alpha^{fR} \cdot fint_{i,t-1} + \beta^{fR} \cdot X_{it}^{fR} + u_{it}$$

i 는 지역, R 은 축약형 모델임을 나타내는 지수이고, X^{fR} 는 모든 외생변수를 의미한다.

시차변수의 계수 α^{fR} 은 다음과 같은 부분조정모형(Partial Adjustment Model)에 따라 조정계수로 정의된다.

$$fint_{it} = fint_{i,t-1} + \gamma(fint_{it}^* - fint_{i,t-1}) + u_{it}$$

$fint_{it}^*$ 는 장기의 바람직한 연료소비강도(logged) 수준을 의미한다. 즉, 소비자와 생산자는 $fint_{it}^*$ 를 초래하는 차종으로 바꾸기를 희망하지만 바로바로 신차를 구입할 수 없는 까닭에 조정은 시간을 두고 천천히 일어나며 이러한 조정의 속도를 반영하는 것이 계수 γ 이다. $\gamma = 1 - \alpha^f$ 로 가정하면 목표 연료소비강도는 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$fint_{it}^* = \frac{\beta^{fR} X_{it}^{fR}}{1 - \alpha^{fR}}$$

다음으로 전국 평균 목표 연료소비강도를 도출한다.

$$FintKR_t^* = \frac{\sum_i M_{it} \exp(fint_{it}^*)}{\sum_i M_{it}}$$

M_{it} 은 t 기의 지역 i 의 총주행거리를 의미한다.

마지막으로 바람직한 연비 혹은 목표 연비

$E_t^* = 1/FintKR_t^*$ 가 평균연비기준 $\overline{E_t}$ 를 하회하는 경우 평균연비규제가 구속력을 갖는다고 정의한다. 이에 평균연비규제의 강도를 측정하는 규제변수

는 $R_E = \max[(\overline{E_t}/E_t), 1]$ 혹은 로그를 취하여 다음과 같이 나타낸다.

$$cafe = \max[(\overline{e_t} - e_t^*), 0]$$

여기서 $\overline{e_t} = \ln(\overline{E_t})$, $e_t^* = \ln(E_t^*)$ 로 정의된다. 따라서 $cafe$ 는 지역별이 아니라 전국의 평균으로 추정된다.

4. 실증분석

본고의 분석은 지역(시도) 자료를 기반으로 구성되어 앞서 소개한 연립방정식 모형의 추정을 통해 이루어졌다. 따라서 자료는 2003년에서 2011년까지 지역 패널데이터 형식으로 구성되었다고 할 수 있다. 대상이 되는 차종은 승용차(다목적 포함)와 승합차이며, 자료의 일관성 측면에서 휘발유를 연료로 사용하는 차량만을 대상으로 하였다. 먼저 주행거리는 교통안전공단에서 매해 발행되는 ‘자동차 주행거리 실태조사 연구’를 취합하여 자료를 구성하였다. 연간 연료소비량의 경우 지역별로 수송부문에 해당하는 소비량이 합산된 자료만 존재하여 차종별로 소비량 구분은 2002, 2005, 2008, 2011 에너지총조사 자료집의 차종별 연료소비량을 기준으로 비중을 산정하고, 자료가 누락된 년도는 기간별로 균등하게 내삽(interpolate)하였다. 이렇게 도출된 비중으로 소비량을 차종별로 나누어 자료로 사용하였다.⁶⁾

추정은 두 가지의 추정방법(3SLS와 OLS)을 사용하여 이루어졌으며 <표 4>와 <표 5>에 결과가 정리되어 있다. 먼저 <표 4>에서는 2006년에서 2011년도의 자료만 사용하여 추정한 결과를 나타낸다. 2006년 이전에는 평균연비제도가 시행되지 않았기 때문에 규제

변수가 전부 0의 값을 갖게 되고, 또한 평균연비제도의 시행이전과 이후를 동일한 환경이란 가정에 대한 검증 또한 필요할 것이라 판단되어 2006년 이후 기간을 별도로 분석하였다.

〈표 4〉에서 가장 위의 패널은 주행거리를 설명하는 식을 추정한 결과이다. 해당 주행거리에 대한 분석은 기본적으로 크기 및 연비를 포함한 차량의 특성이 고정되어있음을 가정하고 이루어진다. 통계적으로 유의한 추정치는 주행거리의 시차변수와 차량판매량 그리고 연료비용과 소득의 교차항 정도이다. 시차변수의 계수 추정치는 0.1862로 소비자의 관성이 생각보다는 크지 않은 것으로 나타났다. 대신 차량의 판매량 계수는 대략 1 정도로 추정되어 주행거리는 차량대수에 보다 민감하게 반응하는 것으로 보인다. 주행비용과 소

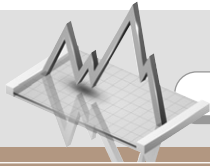
득은 통계적으로 유의한 범위에서는 벗어나 주행 거리에 주는 영향이 불분명하다고 하겠으나, 주행비용의 상승은 주행거리를 감소시키는 쪽으로 작용하는 것으로 나타났다. 이는 수요법칙에 따른 결과라 할 수 있으나 특이한 점은 소득의 증가도 주행거리를 감소시키는 방향으로 나타났다는 것이다. 소득(inc_t)의 계수는 연료비용이 고정(평균값)되어 있음을 가정하고 도출한 주행거리의 소득탄력성을 나타내며, 단기에 -0.1154 이고 장기에는 $\frac{-0.1154}{1-0.1862} = -0.1418$ 로 나타났다.

pm^*inc 변수의 계수 추정치는 소득이 1% 증가하였을 때 단기 리바운드 효과가 4% 증가하는 것을 나타낸다. 이는 이론적으로 소득이 늘어날수록 소비자들은 연료비용에 둔감해 진다는 분석에 배치되는 결

〈표 4〉 2006~2011 자료를 이용한 연립방정식 추정결과(표본개수 : 192)

주행거리 (vma)	Estimated Using 3SLS			Estimated Using 3OLS		
	Coeff	Std. Err.	P-value	Coeff	Std. Err.	P-value
vma_{t-1}	0.1862	0.0533	0.0000	0.2974	0.0622	0.0000
$vehstock_t$	1.0395	0.1195	0.0000	0.8730	0.1356	0.0000
pm_t	-0.4210	0.2698	0.1190	-0.2899	0.3183	0.3640
pm_t^2	0.0073	0.0358	0.8390	0.0151	0.0445	0.7350
$pm_t \cdot inc_t$	0.0375	0.0181	0.0380	0.0059	0.0237	0.8030
inc_t	-0.1154	0.0730	0.1140	-0.0407	0.0829	0.6240
$adrm_t$	-0.0230	0.0306	0.4520	-0.0184	0.0322	0.5690
$popratio_t$	0.0302	0.3921	0.9390	0.0308	0.4877	0.9500
constant	9.6530	1.1346	0.0000	7.9129	1.2996	0.0000
R-square	0.9951			0.9952		

6) 자세한 기초통계량은 이성인·이지연(2013) 참조.



차량등록대수 (<i>vehstock</i>)	Estimated Using 3SLS			Estimated Using 3OLS		
	Coeff	Std. Err.	P-value	Coeff	Std. Err.	P-value
<i>vehstock</i> _{<i>t</i>-1}	0.8613	0.0535	0.0000	0.9942	0.0161	0.0000
<i>vma</i> _{<i>t</i>}	0.1240	0.0501	0.0130	0.0177	0.0106	0.0960
<i>pv</i> _{<i>t</i>}	-0.1271	0.3843	0.7410	-0.3057	0.3465	0.3790
<i>pm</i> _{<i>t</i>}	0.0350	0.0179	0.0500	0.0060	0.0156	0.7010
<i>inc</i> _{<i>t</i>}	-0.0173	0.0098	0.0790	-0.0209	0.0083	0.0120
<i>adrm</i> _{<i>t</i>}	-0.0073	0.0049	0.1350	-0.0111	0.0041	0.0070
<i>interest</i> _{<i>t</i>}	0.2110	0.0545	0.0000	0.2033	0.0468	0.0000
<i>licad</i> _{<i>t</i>}	0.4481	0.3789	0.2370	0.4190	0.3729	0.2630
<i>constant</i>	-0.9774	2.1619	0.6510	1.0426	1.7441	0.5510
R-square	0.9998			0.9999		

연료소비강도 (<i>fint</i>)	Estimated Using 3SLS			Estimated Using 3OLS		
	Coeff	Std. Err.	P-value	Coeff	Std. Err.	P-value
<i>fint</i> _{<i>t</i>-1}	0.8591	0.0259	0.0000	0.8845	0.0237	0.0000
<i>vma</i> _{<i>t</i>}	-0.0397	0.0086	0.0000	-0.0312	0.0078	0.0000
<i>pf</i> _{<i>t</i>}	-0.1113	0.0612	0.0690	-0.1319	0.0626	0.0360
<i>cafe</i> _{<i>t</i>}	0.0402	0.0181	0.0260	0.0361	0.0186	0.0530
<i>inc</i> _{<i>t</i>}	0.0072	0.0129	0.5730	0.0069	0.0131	0.5980
<i>adrm</i> _{<i>t</i>}	0.0027	0.0075	0.7200	0.0044	0.0076	0.5670
<i>popratio</i> _{<i>t</i>}	-0.0970	0.1087	0.3720	-0.1020	0.1114	0.3610
<i>constant</i>	0.8994	0.5175	0.0820	1.0559	0.5292	0.0470
R-square	0.9997			0.9977		

자료: 이성인 · 이지연(2013)

과라고 할 수 있다. 마지막으로 연료비용이 증가할수록 리바운드 효과는 더 빨리 증가하나(pm^2 의 계수) 그 효과는 크지 않고 통계적으로 유의하지도 않다.

성인 운전자는 도로구비가 잘되어 있을수록($adrm$, 마이네스 계수), 성인 1명이 보다 많은 인구를 담당할

수록($pop/adult$) 주행거리를 늘이는 것으로 나타났다. Small and van Dender(2007)에 따르면 $adrm$ 의 계수가 음수로 추정되는 것은 도로의 증설로부터 차량이용에 대한 수요가 파생되었을 것이라는 추측을 뒷받침하는 것일 수도 있다.



다음으로 차량판매량(등록대수)을 설명하는 식의 추정결과를 보면 시차변수의 계수는 행태에 존재하는 관성이 큰 것으로 나타났다. 다시 말하면, 소비자들이 차량 판매량의 영구적인 변화에 대해 오직 24%만을 해당연도에 반영하여 조정하는 것을 의미한다. 차량 소유와 관련된(예를 들어 소득의 증가로부터 발생한) 단기 효과는 장기에는 지수에 비례하여 증가하게 된다.

주행거리는 유의한 영향을 미치며 주행거리 1%가 늘어남에 따라 차량판매량이 12% 늘어나게 되는 것을 보여준다. 차량가격지표는 판매량과 역의 관계를 갖는 것으로 나타났으나 영향이 통계적으로 유의하지는 않았다. 대신 주행비용의 상승은 미약하나마 차량의 판매량을 오히려 증가시키는 것으로 나타났다. 이와 유사하게 대출조건의 악화(이자율의 증가)도 차량의 판매량을 오히려 증가시키는 것으로 나타났다. 두 변수 모두 차량 판매량에 통계적으로 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났다.

연료소비강도를 설명하는 모형의 추정결과에 따르면 연간 주행거리가 늘어날수록 연료소비의 강도는 떨어지는(연료효율은 높아지는) 것으로 나타났다. 비

록 통계적으로 유의적이지는 않으나 연료가격의 상승도 연료효율을 높이는 쪽으로 작용하는 것으로 보인다. 이는 사람들이 신차 구입 시 연비를 구매결정에 반영함으로써 연료 가격의 상승에 대응한다는 것을 보여주는 근거라고 할 수 있다. 그러나 추정결과에 따르면 연비규제변수의 계수는 양수값을 갖는 것으로 나타났으며, 이는 규제의 강화가 오히려 연비를 감소시키는 방향으로 작용하고 있음을 의미한다. 이는 자료 기간 초반에는 연비규제가 강화됨에도 불구하고 적정 연비수준이 오히려 감소했던 경향이 나타났었기 때문으로 해석되며, 본절 마지막 규제변수 추정결과 부분에서 좀 더 논의한다.

OLS로 추정의 결과와 3SLS의 결과의 차이가 클 경우 이는 내생성문제가 심각하다는 것을 의미하는 것일 수 있다. 실제로 <표 4>에서도 두 추정결과의 차이가 발생하는 것으로 보인다. 그러나 정도로 볼 때 심각한 것으로 보이지는 않아 3SLS와 OLS 분석방향은 어느정도 일치하는 것으로 나타난다.

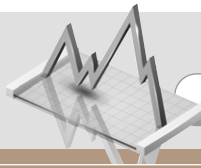
<표 5>에서는 주행거리의 주행(연료)비용 탄력성(마이너스 리바운드 효과)과 모형의 구조에서 파생된 몇몇의 다른 탄력성을 보여준다. 단기 리바운드 효과

<표 5> 2006년~2011년 자료 추정결과에 따른 탄력성 추정치

단기 리바운드 효과		단기 차량사용의 신차가격지수 탄력성	
3SLS	OLS	3SLS	OLS
-0.3655	-0.2860	-0.1517	-0.2710

단기 연료소비강도 연료가격 탄력성		단기 차량사용 소득 탄력성	
3SLS	OLS	3SLS	OLS
-0.0962	-0.1240	-0.1531	-0.0599

자료: 이성인·이지연(2013)



는 -0.3655로 나타났으며, 이는 주행비용이 1% 감소했을 때 주행거리가 약 36%정도 증가하는 것을 나타낸다. OLS 추정치는 이보다 낮은 -0.2860로 이보다 낮으나 약 30% 수준으로 추정되었다. 결과치로 판단했을 때 내생성으로 인해 OLS 추정에서 리바운드 효과를 과대추정하게 되는 효과는 거의 없는 것으로 나타났다.

단기 차량사용의 신차가격지수 탄력성의 경우는 -0.1517로 추정되어 신차가격지수가 1% 상승할 때 차량사용은 15%가 감소하는 것으로 나타났으며, OLS 추정량은 약 이의 두 배정도 되는 27%로 추정되었다. 연료소비강도의 연료가격 탄력성의 9% 수준으로 연료가격이 비싸질수록 연료효율도 높아지는 것으로 해석된다. 마지막으로 단기의 차량사용의 소득 탄력성의 경우 앞선 추정결과에서도 나타났듯이 소득이 증가함에 따라 차량사용은 오히려 감소하는 결과를 나타냈다. 단, OLS 추정치의 경우 3SLS 추

정결과에 비해 현저하게 그 정도가 약한 것으로 보이나, 여전히 차량사용은 소득수준과는 역의 관계를 갖는 것으로 나타났다.

〈표 6〉은 평균연비제도가 시행되기 이전인 2003년에서 2005년까지의 자료를 포함하여 추정을 시행한 결과이다. 평균연비제도가 시행되어 소비자들이 일괄적으로 보다 좋은 연비의 차량조합에 직면하게 되었다면, 의도하였던 그렇지 않았던 주행거리당 연료비용을 감소시킬 수 있을 것이다. 그러나 이렇게 저렴해진 운행은 다시 주행거리를 증가시키는 방향으로 작용하게 된다. 따라서 평균연비제도가 시행된 이후의 리바운드 효과 추정이 정책 효과를 정밀하게 측정하는데 보다 중요한 의미를 갖는다 할 수 있을 것이다. 연립방정식 추정에 있어 설명변수로 투입되는 규제변수는 2006년 이전에는 일괄적으로 0의 값을 갖는 까닭에 추정결과에 일정부분 왜곡을 가져올 수 있다.

〈표 6〉의 상단 패널에는 주행거리의 식으로부터 도

〈표 6〉 2003~2011 자료를 이용한 연립방정식 추정결과(표본개수 : 254)

주행거리 (vma)	Estimated Using 3SLS			Estimated Using 3OLS		
	Coeff	Std. Err.	P-value	Coeff	Std. Err.	P-value
vma_{t-1}	0.4275	0.0533	0.0000	0.4470	0.0540	0.0000
$vehstock_t$	0.8364	0.1137	0.0000	0.8084	0.1136	0.0000
pm_t	-0.6054	0.2367	0.0110	-0.6079	0.2390	0.0120
pm_t^2	0.0414	0.0340	0.2230	0.0508	0.0347	0.1450
$pm_t \cdot inc_t$	0.0219	0.0198	0.2680	0.0106	0.0205	0.6040
inc_t	-0.1006	0.0688	0.1440	-0.0762	0.0705	0.2810
adm_t	-0.0078	0.0260	0.7640	-0.0065	0.0265	0.8080
$popratio_t$	0.4180	0.3989	0.2950	0.4408	0.4126	0.2860
constant	7.3499	1.0907	0.0000	6.9988	1.0959	0.0000
R-square	0.9954			0.9954		



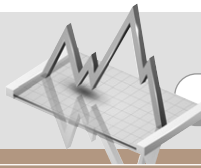
차량등록대수 (<i>vehstock</i>)	Estimated Using 3SLS			Estimated Using 3OLS		
	Coeff	Std. Err.	P-value	Coeff	Std. Err.	P-value
<i>vehstock</i> _{<i>t</i>-1}	0.9769	0.0290	0.0000	0.9998	0.0136	0.0000
<i>vma</i> _{<i>t</i>}	0.0250	0.0260	0.3350	0.0103	0.0092	0.2640
<i>pv</i> _{<i>t</i>}	-0.2640	0.2897	0.3620	-0.2578	0.2786	0.3560
<i>pm</i> _{<i>t</i>}	0.0199	0.0122	0.1030	0.0098	0.0125	0.4360
<i>inc</i> _{<i>t</i>}	-0.0201	0.0069	0.0030	-0.0212	0.0070	0.0030
<i>adrm</i> _{<i>t</i>}	-0.0141	0.0034	0.0000	-0.0145	0.0034	0.0000
<i>interest</i> _{<i>t</i>}	0.1885	0.0431	0.0000	0.1883	0.0410	0.0000
<i>licad</i> _{<i>t</i>}	0.7351	0.2834	0.0090	0.7387	0.2864	0.0100
<i>constant</i>	0.8464	1.5387	0.5820	1.0258	1.3975	0.4640
R-square	0.9999			0.9999		

연료소비강도 (<i>fint</i>)	Estimated Using 3SLS			Estimated Using 3OLS		
	Coeff	Std. Err.	P-value	Coeff	Std. Err.	P-value
<i>fint</i> _{<i>t</i>-1}	0.9359	0.0199	0.0000	0.9442	0.0187	0.0000
<i>vma</i> _{<i>t</i>}	-0.0169	0.0069	0.0150	-0.0139	0.0065	0.0320
<i>pf</i> _{<i>t</i>}	-0.0799	0.0442	0.0700	-0.0745	0.0449	0.0980
<i>cafe</i> _{<i>t</i>}	0.0484	0.0104	0.0000	0.0450	0.0106	0.0000
<i>inc</i> _{<i>t</i>}	-0.0026	0.0116	0.8250	-0.0030	0.0118	0.8000
<i>adrm</i> _{<i>t</i>}	-0.0032	0.0062	0.6100	-0.0032	0.0063	0.6150
<i>popratio</i> _{<i>t</i>}	-0.0209	0.0953	0.8260	-0.0245	0.0972	0.8010
<i>constant</i>	0.6049	0.3803	0.1120	0.5681	0.3863	0.1430
R-square	0.9978			0.9978		

자료: 이성인 · 이지연(2013)

출한 결과가 나타나있다. 2006년에서 2011년 자료를 사용한 앞선 결과와 가장 큰 차이점은 시차변수의 계수가 0.4275로 추정되어 관성의 영향이 커진 것이다. 또한 주행거리당 연료비용 pm_t 의 계수도 커져 단기 탄력성을 확대하는 요인이 된다. 두 번째 차량대수에

대한 영향에서는 추가적으로 성인인구 중 운전면허 소지자의 비율이 영향이 확대되고 통계적인 유의성도 갖게 되었다. 운전면허 소지자가 늘어날수록 차량판매가 유의적으로 늘어나는 것은 상식선에서 쉽게 이해가 가는 상황이라 할 수 있다. 마지막으로 연료소비



강도에는 앞선 분석 결과와 큰 차이점은 보이지 않는 것으로 나타났다.

해당 추정결과에 바탕을 둔 탄력성은 <표 7>과 같이 도출되었다. 앞서 언급한 바와 같이 주행거리의 주행거리당 연료비용 탄력성은 거의 58%에 달해 앞선

결과보다 확대된 것을 볼 수 있다. 이는 OLS 추정결과에서는 일관적으로 나타난다. 반면 여타의 탄력성은 앞선 추정결과와 큰 차이를 보이지는 않는 것으로 나타났다.

앞서 연립방정식의 추정결과를 살펴보았지만 리바

<표 7> 2001~2011 자료 추정결과에 따른 탄력성 추정치

단기 리바운드 효과		단기 차량사용의 신차가격지수 탄력성	
3SLS	OLS	3SLS	OLS
-0.5800	-0.6015	-0.2256	-0.2102
단기 연료소비강도 연료가격 탄력성		단기 차량사용 소득 탄력성	
3SLS	OLS	3SLS	OLS
-0.0705	-0.0666	-0.1200	-0.0941

자료: 이성인 · 이지연(2013)

<표 8> 연료소비강도를 위한 추정

	Coeff	Std. Err.	t	P > t	[95% Conf. Interval]	
$fint_{t-1}$	0.9479	0.0210	45.1000	0.0000	0.9065	0.9893
pf_t	-0.2831	0.0934	-3.0300	0.0030	-0.4670	-0.0992
pv_t	0.7545	0.4852	1.5600	0.1210	-0.2012	1.7102
pm_t	-0.0171	0.0099	-1.7300	0.0850	-0.0365	0.0024
$adrm_t$	-0.0066	0.0065	-1.0200	0.3080	-0.0194	0.0062
inc_t	-0.0056	0.0122	-0.4600	0.6490	-0.0296	0.0185
$popratio_t$	0.0011	0.1003	0.0100	0.9910	-0.1964	0.1987
$interest_t$	0.1820	0.0707	2.5700	0.0110	0.0427	0.3213
$licad_t$	0.6820	0.5627	1.2100	0.2270	-0.4263	1.7903
constant	-2.2564	2.4066	-0.9400	0.3490	-6.9968	2.4839
R-square	0.9978					

자료: 이성인 · 이지연(2013)

운드 효과를 추정하기에 앞서 연료소비강도를 위한 설명식을 추정 규제변수를 도출하는 작업이 선행되어야 했다. 이를 통해서 추정된 적절한 연비수준에 대한 소비자의 인식은 현행 평균연비제도의 기준과 비교해 볼 수 있다. <표 8>은 식 (4)를 추정한 결과를 나타내고 있다. 해당 식의 외생변수들의 선형조합을 조정계수 ($1 - 0.9479$)로 나누면 장기적으로 도달해야 할 것으로 인식되는 “적절한” 연료소비강도 수준 혹은 바꾸어 말하면 연비수준을 추정할 수 있다.

이렇게 도출된 가상의 연비기준을 <표 9>의 연비별 판매량 비중으로 가중평균한 <표 10>의 평균연비제도의 연비기준과 비교하면 [그림 1]과 같은 결과를 얻는다.

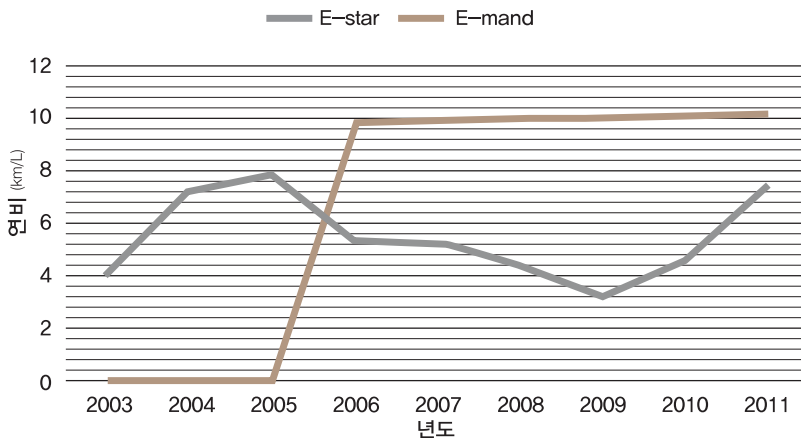
붉은색으로 표시된 선이 평균연비제도의 연비기준이고 푸른색으로 나타난 선이 소비자들이 적절하다고 인식하고 있는 연비 수준이다. 앞서도 언급하였다시피 가상의 연비수준이 평균연비규제의 기준을 하회하

는 경우 규제가 구속력이 있다(binding)고 해석할 수 있는 바, 자료 기간 동안 해당 규제가 구속력을 가짐을 볼 수 있다. 또한 규제기간 초반에는 고유가 상황에도 불구하고 적절한 연비의 수준이 하락하다가 2009년을 기점으로 빠르게 규제 연비기준으로 수렴하고 있는 것을 볼 수 있다. 이에 차량 연비에 대한 소비자의 인식은 전반적으로 평균연비제도 기준에 미치지 못하는 것으로 나타나지만, 최근 들어 연비에 대한 인식이 높아지고 있음을 추측할 수 있으며, 이는 고유가가 지속되고 있는 상황에 일정부분 영향을 받고 있을 가능성이 있다.

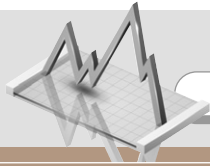
5. 결론

본고에서는 적절한 연비수준에 대한 소비자의 인식의 수준을 추정, 현행 평균연비제도의 기준과 비교하

[그림 1] 추정된 “적절한” 연비수준과 평균연비제도의 기준 비교



자료: 이성인·이지연(2013)



〈표 9〉 연비기준별 판매량 비중

(단위: %)

연비기준(km/L)	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
12.4(1,600cc 미만)	6	8	14	11	13	14	14
9.6(1,600cc 이상)	94	92	86	89	87	86	86
합계	100	100	100	100	100	100	100

자료: 이성인 · 이지연(2013)

〈표 10〉 판매량으로 가중평균한 연도별 연비기준

(단위: km/L)

2006	2007	2008	2009	2010	2011
9.774835	9.829855	9.978595	9.910149	9.953305	9.997118

자료: 이성인 · 이지연(2013)

였다. 리바운드 효과 추정을 위해 사용한 연립방정식을 이용하여 연비규제의 강도에 관련된 변수를 추정하였고, 적절한 연비수준에 대한 소비자의 인식을 현행 평균연비제도의 기준과 대조하였다. 가상의 연비수준이 평균연비규제의 기준을 하회하는 경우 규제가 구속력이 있다(binding)고 해석할 수 있는 바, 자료 기간 동안 해당 규제가 구속력을 가짐을 볼 수 있었다.

또한 규제기간 초반에는 고유가 상황에도 불구하고 적절한 연비의 수준이 하락하다가 2009년을 기점으로 빠르게 규제 연비기준으로 수렴하는 것으로 나타났다. 이에 평균연비제도가 소비자의 연비에 대한 의식에 선행하여 보다 효율적인 연료소비에 대한 인식을 강화하는 쪽으로 작용하고 있다고 추론하여 볼 수 있었다.

〈국내 문헌〉

교통안전공단, 자동차주행거리실태조사연구, 2003-2011

에너지경제연구원, 에너지총조사자료집, 2002, 2005, 2008, 2011

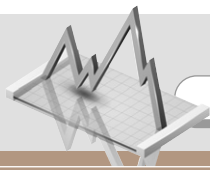
이성인 · 이지연, 국가 에너지절약정책 평가시스템 구축: 정책효과 분석모형 및 방법론 구축(산업·수송부문), 에너지경제연구원, 2013

〈외국 문헌〉

An, F., R. Earley, and L. Green-Weiskel, "Global Overview on Fuel Efficiency and Motor Vehicle Emission Standards: Policy Options and Perspectives for International Cooperation," United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2011

참고 문헌

- Dargay, J., "The effect of prices and income on car travel in the UK," *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 41(10) : 949-960, 2007
- Fronzel, M., "Empirical assessment of energy-price policies: the case for cross-price elasticities," *Energy Policy*, 32 : 989-1000, 2004
- Gavankar, S., G. Roland, "The Rebound Effect : State of the Debate and Implications for Energy Efficiency Research," *Bren School of Environmental Science and Management*, June 26, 2010
- Greene, D., "Vehicle use and fuel economy: how big is the "rebound" effect?," *Energy Journal*, 13(1) : 117-143, 1992
- Greening L. A., D. L. Greene, Difiglio, C., "Energy efficiency and consumption-the rebound effect-a survey," *Energy Policy*, 28(6-7) : 389-401, 2000
- Hymel, K.M., K. A. Small, K. V. Dender, "Induced demand and rebound effects in road transport," *Transportation Research Part B: Methodological* 44 : 1220-1241, 2010
- Jevons W. S., "The coal question : an inquiry concerning the progress of the nation, and the probable exhaustion of our coal-mines," 3rd ed., A. M. Kelley, New York, 1906
- Johansson, O., L. Schipper, "Measuring long-run automobile fuel demand: Separate estimations of vehicle stock, mean fuel intensity, and mean annual driving distance," *Journal of Transport Economics and Policy*, 31 (3) : 277-292, 1997
- Jones, C., "Another look at U.S. passenger vehicle use and the rebound effect from," *The Energy Journal*, 14(4) : 99-110, 1993
- Khazzoom J. D., "Economic implications of mandated efficiency in standards for household appliances," *Energy Journal*, 1(4) : 21-40, 1980
- Madlener, R., B. Alcott, "Energy rebound and economic growth : A review of the main issues and research needs," *Energy*, 34 : 370-376, 2009
- Matiaske, W., R. Menges, M. Spiess, "Modifying the rebound: it depends! Explaining mobility behavior on the basis of the German socio-economic panel," *Energy Policy*, <http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2010.11.044>, 2011
- Small, K. A., K. van Dender, "Fuel Efficiency and Motor Vehicle Travel: The Declining Rebound Effect," *The Energy Journal*, 28(1) : 25-51, 2007
- Sorrell, S., J. Dimitropoulos, "The rebound effect: Microeconomic definitions, limitations and extensions," *Ecological*



Economics, 65 : 636-649, 2008

West, S. E., "Distributional effects of alternative vehicle pollution control policies," Journal of Public Economics, 88 : 735-757, 2004

Yu B., J. Zhang, A. Fujiwara, "Evaluating the direct and indirect rebound effects in household energy consumption behavior: A case study of Beijing," Energy Policy, 57 : 441-453, 2013