

자동차 고연비 기술혁신을 위한 정부개입의 성공 사례 연구 - 특허출원과 기술거래 자료를 중심으로

전승표* · 김지희** · 유형선***

I. 서론

정부는 기술혁신활동을 장려하기 위해서 다양한 정책을 수립하고 집행한다. 특히 시장에서 지식을 창출하고 이전, 확산, 활용하는 일련의 혁신과정이 원활하지 않으면, 정부는 시장에 개입하게 된다. 물론 정부가 이런 개입을 통해 시장의 실패를 극복할만한 능력이 있는지에 대한 의문이 제기되지만(송위진 2002), 우리는 시장실패를 개선하기위한 정부의 개입을 자주 목격할 수 있으며, 정부개입이 초래하는 다양한 결과를 목격하게 된다. 본 연구에서는 고연비 그린 자동차 시장을 견인하고자 미국 시장에서 미국 정부가 개입하여 수립하고 실천한 연비 규제, 즉 CAFE(Corporate Average Fuel Economy) 기준을 주목한다.

그린 자동차(Green Vehicle)는 친환경 자동차(Environmentally Friendly Vehicle)로 불리기도 하는데, 대체 연료를 포함해서 하이브리드 자동차(이하 HEV), 전기 동력 자동차(PHEV(플러그인 하이브리드 자동차) 또는 BEV(배터리 전기 자동차)), 천연가스 자동차, 클린 디젤 자동차와 같이 기존 엔진보다 친환경적으로 발전된 기술이 적용된 자동차를 말한다(이하 그린 자동차). 이런 그린 자동차 중에서 하이브리드 자동차나 클린 디젤 자동차는 엄밀하게 말하면 청정에너지 자동차가 아니지만, 유해 배출가스와 연료소모를 최소로 하는 기술이고, 다른 대체에너지 기술에 비해 시장으로의 접목이 용이해서 그린 자동차 중에서도 각광받아 왔다(전승표 2014).

그런데 본 연구는 이런 하이브리드 자동차나 클린 디젤 자동차 시장의 확대가 친환경이나 고연비를 원하는 시장 즉 소비자의 요구 때문일까? 라는 본질적인 문제를 제기한다. 만약 소비자의 요구에 의해 시장이 자연스럽게 기술혁신을 유도하고 수용하고 있는 것이라면, 관련된 소비자 요구의 확대에 따라 자연스러운 시장의 확대도 기대해 볼 수 있겠지만, 만약 다른 요인 즉 정부개입에 의한 시장 확대였다면, 이런 그린 자동차의 시장 확대를 위해서는 정부의 지속적인 개입이 필요할지도 모르기 때문이다.

2011년 오바마 정부는 미래 승용차와 트럭에 대한 연비 기준을 강화하기 위해 자동차 제조업체와의 협약을 발표했는데, 백악관과 자동차 제조사 양자는 2011년 현재 미국의 28.3mpg(mile per gallon; 약 12km/l)의 연비를 2016년에는 35.5mpg(15km/l)에서 그리고 2025년까지 54.5mpg(21km/l)로 기업평균연비(CAFE) 기준을 높여가기로 합의한 것이다(Department of Transportation 2012). 미국은 그린 자동차 시장을 활성화시키기 위해서 시장자율보다는 정부개입을 선택하고 있는 것이다. 그런데 우리나라는 최근 저탄소차 협력금제도의 시행을 또다시 연기하겠다고 발표했다. 국민의 63%가 2021년으로 시행을 연기하는 것에 반대하는데, 오히려 국내 산업계의 입장을 받아들여 우리 정부는 시행 연기를 추진 중이다(연합뉴스 2014). 양국의 상반된 정부개입 모습이 기술혁신활동에 어떤 영향을 주게 될지 예상하기 위해서는 먼저 기술혁신과 관련한 시장의 실패와 정부개입의 영향을 살펴볼 필요가 있다.

이와 관련하여 본 연구는 선행연구 분석을 통해 시장실패가 있었고 정부개입이 불가피했음을 보인다. 그리

* 전승표(교신저자), 한국과학기술정보연구원 책임연구원, 02-3299-6095, spjun@kisti.re.kr

** 김지희, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6293, kjh@kisti.re.kr

*** 유형선, 한국과학기술정보연구원 선임연구원, 02-3299-6173, hsyoo@kisti.re.kr

고 본 연구는 정부개입의 결과를 살펴보기 위해서 CAFE 기준의 변화에 따라 실제 미국에서 판매된 신차의 연비가 어떻게 변했는지 분석한다. 이런 정부개입의 성공이 어떻게 가능했는지 그 기술혁신의 메커니즘을 살피기 위해서 특허출원과 기술거래 추이라는 객관적 자료를 분석한다. 또한 과거 정부개입의 성공이 있었다고 해서 미래에도 이런 정부개입이 필요한지 답하기 위해서 검색트래픽이라는 새로운 자료를 분석해본다. 이런 다양하고 객관적 자료를 통한 접근은 기존 설문 중심의 연구들과는 다른 접근방법으로 CAFE 기준과 같은 산업기술정책의 수립과 그 효과를 분석하는데 일조하게 될 것이다.

II. 선행연구분석

1. 기술혁신활동과 정부개입

기술혁신 활동에 대한 정부개입의 근거는 신고전파 입장의 전통적인 논리인 시장실패론과 혁신체제론에서 주장하는 시스템실패론에 따른 정부개입이 대표적이다. 시장실패론은 지식의 창출과 이전, 확산 활용과 관련된 혁신 과정에서 시장실패가 발생하기 때문에 이를 해소하기 위해 정부가 개입해야 한다는 입장을 취하고 있다. 시장실패론 입장에서 보면 과학기술지식은 사회적으로 유용한 성격을 가지고 있지만, 과학기술지식 창출활동의 경우 사적 수익보다 사회적 수익이 크기 때문에 시장 메커니즘을 통해 연구개발 활동에 대한 과소투자가 나타나게 되어 시장이 실패하는 것이다. 따라서 정부는 연구개발 활동에 대한 보조금을 지급하고 지적재산권 제도를 강화함으로써 연구개발 투자에 대한 수익성을 높여 기업들의 연구개발 활동을 촉진하게 된다.

기술혁신이나 과학기술 정책과 관련해 혁신체제론은 1980년대 후반에 등장한 이론인데, 이는 기존의 신고전파적 접근과는 다른 시각에서 기술혁신과 과학기술정책을 다루고 있다. 이 혁신체제론에 따르면, 기술혁신 성과는 기술혁신 주체들이 기술혁신 활동을 수행하는 방식, 기술혁신 주체들이 상호작용하는 방식 등 기술혁신이 이루어지는 조직과 제도의 구조적 특성에 크게 영향을 받는다. 그리고 과학기술정책은 기술혁신을 촉진시킬 수 있는 시스템을 구축하는데 중점을 두게 된다. 혁신체제론의 관점에서 보면 과학기술정책은 특정 기술들의 개발보다는 그 기술들을 효과적으로 개발·상업화할 수 있는 조직과 시스템을 구성하는데 더 관심을 기울이게 된다(송위진 2006).

혁신체제론은 혁신의 시스템적 특성을 전제로 하고 있다. 혁신체제론에서 혁신은 주로 개별 기업 단독으로 수행되기보다는 시스템을 구성하는 다른 조직들과의 상호작용을 통해 이루어진다고 파악한다. 즉 혁신 주체들의 네트워크를 통해 혁신 활동이 이루어지는 것이 일반적 현상이라고 본다. 그런데 이러한 시스템적 혁신 과정은 제도화된 패턴을 따라 이루어진다. 혁신 활동은 매번 여러 가지 대안들을 비교·검토하여 최적의 기술적 대안을 선택하고 집행하는 방식으로 이루어지는 것이 아니라, 기술혁신에 참여하는 혁신 주체들이 당연히 따라야 한다고 생각하는 규범이나 규칙에 따라 이루어지는 것이다(송위진 2006).

이런 혁신체제론에서는 시스템실패를 혁신체제가 가지고 있는 구조적 문제로 인해 혁신의 창출확산이 제약되는 것이라고 정의하고 있다. 시스템 실패를 극복하기 위해서는 혁신을 촉진시킬 수 있도록 새로운 제도와 구조를 형성하는 것이 핵심이다. 따라서 시스템 실패의 보정은 연구개발 활동에 대한 비용과 수익을 변화시켜 시장실패를 개선하는 것을 넘어 혁신이 이루어지는 구조적인 패턴에 대한 보정을 의미한다(송위진 2006).

이런 (산업)기술혁신 실패의 메커니즘을 분석하고 정책 개입의 영향을 분석하는 시도가 지속적으로 선행되어 왔는데, 이경애(2008)는 혁신시스템의 한 종류인 산업혁신시스템 실패의 메커니즘을 분석하기 위해서 시스템 실패론의 입장에서 국내 무선인터넷서비스 산업을 분석했다. 연구 결과에 따르면 국내 무선인터넷서비

스 산업은 상호작용의 실패, 제도의 실패, 역량의 실패로 혁신성과의 확산이 제약된 것으로 나타났다. 서영웅 외(2012)는 정부의 정책이 기업의 경영성과나 혁신성에 어떠한 영향을 미치는 연구했는데, 입지규제가 기업의 혁신성에 부정적 영향을 미칠 가능성이 높으며 기업입지규제(정부정책)가 보다 정밀한 방식으로 개선될 필요가 있다는 결론을 도출했다. 본 연구에서도 서영웅 외(2012) 연구와 같이 정부 정책 개입의 영향 살펴볼게 되는데, 정책의 직접적인 결과는 물론 그런 결과를 만들어내기 위한 생산자(연구기관)의 노력을 살펴보고 혁신과 과정을 이해하게 된다. 또한 이런 정책개입의 결과를 살펴보기에 앞서 정책개입의 타당성을 제공한 시장실패를 실증하기 위해 선행연구는 물론 인터넷 검색트래픽을 분석하게 된다.

2. CAFE관련 선행 연구

정부의 산업기술이나 과학기술 정책 개입에서 CAFE는 매우 관심이 높은 연구주제였다. 그동안의 수많은 논쟁을 잘 정리한 Plotkin(2009)의 연구에 따르면, CAFE는 연료 소비 감소를 위해 도입되었지만, 최근에는 탄소 가스 감축과 소비자와 생산자의 미래 연료 소비 감축에 따른 편익을 조정하고, 에너지 안보와 그린 가스 배출이라는 사회적 편익을 확보하기 위해 활용되고 있다. 그럼에도 불구하고 CAFE 기준에 대한 반대도 있는데, 자동차 생산자, 관련 협회, 자동차 동호회는 물론 많은 경제학자들이 대표적이다. 이런 반대에는 새로운 규제의 한계와 유류 사용, 공공 안전, 소비자 선택, 자동차 시장, 경제에 주는 영향이 주된 이유가 된다. 경제학적 문헌에서 규제에 대한 비판이 많은데 자세한 내용을 다루진 않지만 주요 쟁점은 다음과 같다. 첫 번째로 그들은 CAFE가 경제적으로 비효율적이고 편익에 비해서 소비자와 생산자에서 과도한 비용을 지운다고 주장한다. 두 번째로 CAFE의 도입으로 운전에 소요되는 비용을 줄어들이지만, 여행 증가를 일으키기 때문에(리바운드 효과) 외부 효과 비용(공해, 혼잡, 교통 부상 및 사망)이 연료 소비 감소로 얻어지는 사회적 편익보다 크다. 세 번째로 일반적으로 연비 규제와 관련된 논쟁에서는 생산자와 소비자가 경제적으로 합리적이고 신차 시장에서 심각한 시장 실패가 없다고 가정한다. 이런 주장에 따르면 자동차 생산자는 시장의 수요보다 효율적인 자동차는 만들도록 하게 되며, 이런 현상이 시장을 왜곡하고 불필요한 투자로 큰 경제적 손실을 초래하게 된다고 주장한다(Plotkin 2009). 마지막으로 미국에서 보다 엄격한 CAFE 기준에 반대하는 사람들은 이런 기준이 고속도로 안전을 심각하게 위협한다고 주장한다. 과거 미국 NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration)의 연구는 CAFE 기준에 부합하기 위한 차량의 경량화는 연간 2,000명의 교통 사망자를 증가시키는 원인된다고 결론 내렸다(Kahane, 2003) 그리고 CAFE 반대자들은 보다 강화될 새로운 CAFE 기준은 경량을 유도하게 되고 새로운 사망자의 물결을 일으킬 것이라고 주장한다.

이런 주장에 대한 주된 반론은 다음과 같은데, 여러 가지 이유로 첫 번째, 개인 소비자보다는 사회가 보다 높은 수준의 연비를 선호할 것이라는 것이다. 사회는 소비자보다는 미래의 편익에 보다 가치를 둔다. 아무리 합리적이고 정보를 가진 소비자의 경우라도 개별 할인율은 사회적 할인율보다 높기 때문에 사회는 개별 소비자보다 높은 연비를 선택하게 된다. 예를 들어 Gerard & Lave(2003)는 사회(4%)는 연비가 22mpg에서 25mpg로 연비가 증가하면 개인(20%)보다 \$400 이상 지급할 의사가 있다고 한다.

두 번째, 연비증가에서 얻는 실익이 사회 차원에서는 클지라도 개인 차원은 상대적으로 작다. 다수의 연구에서 제도의 실익을 분석했는데, 연비 증가가 상대적으로 비용 대비 작았다. 즉 생애 연료 소비 저감 비용보다 차량 가격 상승이 컸다. 다르게 표현하면, 사회는 그들의 에너지 안보, 그린하우스 배출가스 그리고 다른 편익 때문에 그 증가를 좋아할지 모르지만, 경제적 보상이 크지 않고 소비자들은 상대적으로 그 증가에 무관심하다. 새로운 연비 기술과 연관된 기술적 위험은 차량을 새롭게 설계하는 큰 비용을 연동되게 되고 자동차 생산자는 소비자의 무관심을 마주하면 이런 대규모 투자를 집행하는데 주저하게 된다. 게다가 생산자들은 그들의

경쟁자들이 추구할 전략적 방향의 불확실성을 마주하게 된다. 경쟁자들은 고연비를 추구할지 아니면 그들의 자원을 (이미 개발 가능한) 성능 증가, 고급 사양 추가에 투자하고 차량 크기나 중량을 늘일 수도 있다. 편익의 차이와 기업의 전략 등으로 고연비나 친환경 기술혁신은 시장실패나 시스템실패가 나타날 수밖에 없는 것이다. 따라서 정부개입의 결과인 연비 규제 제도는 모든 생산자들에서 최소한의 연비를 규제함으로써 이런 불확실성을 줄여주는 효과가 있는 것이다(Plotkin 2009).

또 다른 세 번째 반론은 소비자의 심리와 관련된 논의인데, 소비자가 가지는 손실에 대한 강한 혐오감은 그들이 연비 기술에 비용을 지불하는데 주저하게 만든다(비록 사회의 손실 위험은 훨씬 낮지만). 소비자의 내재적인 손실-혐오적 행동은 소비자가 고연비에서 받게될 이익을 평가할 때, 매우 높은 불확실성 때문에 소비자가 연비 증가에 비용을 지불하지 않게 만든다는 것이다. Greene et al.(2009)에 따르면, 미래의 연료 가격이 매우 불확실하고(연료 가격의 하락은 편익을 하락시킴), 소비자는 얼마나 운전할지 확신도 없으며, 자동차를 얼마나 유지할지도 모른다. 그래서 저자들은 손실-혐오 이론을 적용해서 보통의 소비자들이 연비가 28mpg에서 35mpg로 연비가 증가할지라도(현재로 \$405의 이익이 생겨도) 구입을 꺼릴 것으로 주장했다. 이 경우 이익이 생길 가능성이 훨씬 크에도 경제적 손실의 가능성에 대한 혐오가 최종 결정을 압도한다. 대조적으로 사회는 연비 투자의 손실 위험을 크게 줄여주는 모든 차량과 운전자를 아우르는 편익의 평균을 바탕으로 합리적인 의사결정을 내리려고 한다.

네 번째로 자동차 구매자들은 경제학자들이 소비자들을 정의하는 것과 같은 ‘합리적인 소비자’가 아니라는 점이다. 예를 들어 설문조사들은 소비자가 연비 저감 기술에 대한 높은 투자 비용들과 낮은 연료비 지출에 따른 지출 감소의 상관관계를 평가하려고 시도조차하지 않는다고 보여주고 있다(Turrentine & Kurani, 2007). 또한 소비자들은 추가적으로 투자한 돈을 빠른 시기에 돌려받기를 원하는데 설문에 따르면, 2년 안에 보상받기를 원하고 있었다(Plotkin 2009). 결국 이런 소비자의 비합리성은 시장실패를 초래하게 되고 정부개입이 불가피하게 되는 것이다.

다섯 번째는 리바운드 효과와 관련된 반론으로 선진 경제에서 리바운드(운전 증가에 따른 공해, 사고의 영향)의 크기는 소득이 증가하면서 시간이 증가함에 따라 감소하고 있고 최근 미국에서는 10% 정도의 효과가 있는 것으로 보고 있다. 즉 마일당 연료 가격이 감소하면 1%의 운전이 증가한다는 것이다(Small & Van Dender, 2005). 리바운드 효과에 의해 증가된 여행은 여행에 의한 편익을 초과하는 비용을 만든다는 주장은 다른 문제를 야기 시키는 공공 정책보다는 유가 가격 문제로 해결하는 게 최선일 수 있다. 증가된 여행이 높은 순비용을 창출한다고 이야기 하는 것은 운송 연료는 너무 저가격으로 책정되어 있거나 (Gerard & Lave, 2003), 사고나 오염 비용을 줄이기 위한 개입이 좀 더 강력해야 한다는 주장과 일맥상통한다. The U.S. National Academy of Sciences는 이 비용들을 2002년에 연비 규제에 대한 검토에서 약 \$0.26/gallon로 추정했다(NRC, 2002), 이것은 17mpg의 평균연비에 대해 약 1.5cents/mile로 상응한다. Lutter & Kravitz(2003)는 그런 비용을 10.4 cents/mile로 추정했고, 이는 약 \$1.75/gallon에 상응한다(상기 NAS의 연구에서 포함된 에너지 안보나 지구 온난화효과는 제외됨). 어느 연구 결과가 옳든지 간에 적절한 정책은 연비제도 개선이 아니라 저유가 정책으로 왜곡된 시장을 바로 잡아야 한다고 주장할 수 있다.

여섯 번째는 정부개입에 따른 시장 왜곡의 문제로, 연비 규제에 반대하는 사람들은 연비 규제가 심각한 시장 왜곡을 초래한다고 주장하는데, 특히 미국 신차 시장에서 왜곡을 초래한다고 주장한다. 연비 규제는 그 목적이야 어떻든 어떤 의미에서 다른 모든 규제가 그렇듯이 시장을 왜곡한다. 가장 심각한 왜곡이 나타난 미국에서는 미국 규제의 특이한 구조에 의해 나타났지만(예를 들어 자동차와 경트럭의 인위적이 구분), 대부분의 이런 왜곡은 새로운 표준의 적절한 구조에 대한 주의 깊은 고려로 회피할 수 있다(Plotkin 2009).

마지막으로, CAFE 기준에 따른 차량안전 약화 이슈에서 크기와 중량 변화효과를 분리하여 사망자 증가를

찾아낸 NHTSA 연구는 중량의 감소보다는 차량 크기의 감소 때문이라고 주장한다(Van Auken & Zellner, 2003). 이런 연구들은 승용차의 크기가 동일한 경우 평균 중량 감소는 사실 안전을 증가 시켰다는 결론을 보였다. 차량 크기를 막론한 운전자는 물론 보행자까지 포함된 사망자 통계 조사 연구 결과를 보면 자동차의 안전은 중량보다는 차량의 디자인이 보다 중요한 것으로 나타나기도 했다(Plotkin 2009).

그밖에 Clerides & Zachariadis(2008)는 전세계적으로 연비 규제는 상당한 연료 절약에 기여했으며, 만약 규제 없이 비슷한 수준의 연료를 절약하기 위해서는 과거 10년보다 높은 수준으로 연료 가격을 유지해야 했었다고 주장했다. 특히 높은 연료 가격이나 강력한 규제가 없다면 일반적인 조건들에서 시장 자율의 연비 개선을 기대할 수 없었다고 주장했다. Whitefoot et al.(2011)은 시뮬레이션을 통해서 기업들이 CAFE 기준에 맞추기 위해서 기존의 가격 경쟁 전략에서 보다 연비가 우수한 자동차를 만드는 방향으로 다소 변화시켰다고 주장했다. 이들 연구에서 주목할 부분은 CAFE 기준의 효과를 무력화할 수 있는 두 가지 시나리오를 제시했는데, 경트럭의 시장 점유율 증가와 CAFE 기준의 위반을 전략적으로 선택하는 기업의 시장 점유율 증가다. Jacobsen(2013)은 이렇게 벌금을 내고 기준을 지키지 않는 기업의 전략을 고려할 수 있는 모델을 제안했는데, CAFE 기준이 미국내 기업의 이익을 감소시킬 것이라고 주장했다. 그는 가솔린 세금과 CAFE 규제를 직접 비교 가능하게는 utility-consistent welfare analyses 모델을 개발했는데, 그 모델을 통해서 CAFE 기준이 중고차 시장에 주는 영향까지 분석했다. CAFE 기준은 중고차의 연비도 높였지만 소득이 낮은 가정에는 차량 가격의 부담으로 작용했고, 기존 연구들과 달리, 전반적 복지비용은 퇴보하는 것으로 나타났다. Anderson et al.(2011)은 세금과 기준이라는 두 가지 정책 개입을 비교했는데, 높은 수준의 세금은 혼잡을 줄이고 다른 외부 효과도 있기 때문에 효율적이었다. 연비의 편익에 대한 소비자의 오해에서 비롯된 커다란 시장 실패의 경우나 지구 온난화나 석유 의존성에 대한 사회적 비용이 높은 경우에도 만약 연료에 대한 세금이 조절 될 수 있다면 연비 규제 정책은 필요 없다는 것이다. 그러나 미국과 같은 국가에서, 세금을 올리는 것은 대중의 저항이 크기 때문에 기준이 보다 실용적인 정책처럼 보인다. 기준을 통한 규제는 불확실한 연료 가격의 세계에서 혁신자에게 있을 손실 가능성을 제거함으로써 청정 기술의 개발을 위한보다 안정적인 환경을 만드는 데 도움이 될 수 있다. 그러나 연비 규제가 다른 정책(장려금, 세금, 연료가격 조정 등)보다 효과적이지는 여전히 의문이라고 주장한다.

국내에서는 CAFE 기준에 대한 연구가 거의 없었지만, 국내 전기자동차 보조금 정책을 통해 소비자에게 돌아가는 경제적 편익을 분석한 연구가 있었다(유종훈 외 2011). 이 연구에 따르면 보조금이 없으면 소비자는 전기자동차를 구입할 유인이 없으며, 2,000만원은 보조금으로 지급해야 소비자는 경제적 편익이 있는 것으로 나타났다.

이상에서 살펴본바와 같이 CAFE 기준을 통한 정부개입의 타당성은 아직까지도 활발하게 연구되고 있는데, 초기 연구는 개입의 타당성을 대한 연구였다면, 최근에는 개입타당성을 전제로 그 효과나 편익에 대한 연구가 많았다. 그런데 새로운 기준이 다시 발표된 만큼, 다시 개입 타당성에 대한 논쟁이 활발해질 수 있을 것이다.

III. 연구 방법론 및 사례

1. 연구 방법

본 연구에서는 CAFE 기준의 영향과 효과를 객관적으로 실증하기 위해서 공개된 다양한 자료를 활용하게 된다. 이런 공개된 자료는 수집과 활용에서 장점이 있다. 서베이와 같은 의사소통법은 인지부조화와 같은 영향에서 자유로울 수 없다. 소비자에게 모르는 것이나 관심없는 것을 물을 때도 많다. 관찰법은 인적 관찰법과

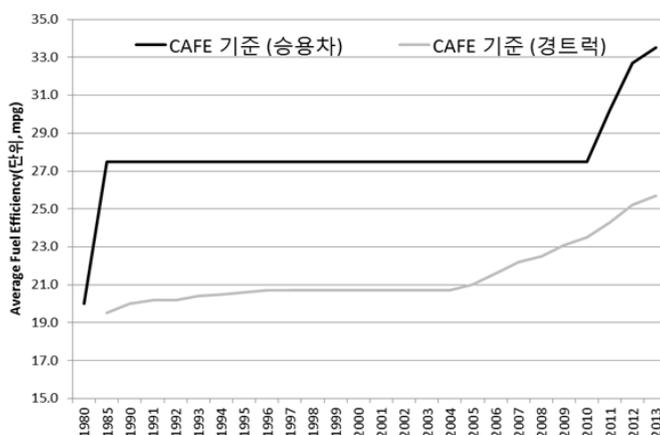
기계적 관찰법이 있는데, 인적 관찰법은 관찰자 오류의 한계도 있다. 본 연구에서는 시장실패를 실증하기 위해서 검색트래픽을 활용하는데, 검색트래픽은 기계적 관찰법이라는 측면에서 이런 한계를 극복할 수 있다.

정부개입의 효과 즉 CAFE 기준의 효과를 살펴보기 위해서는 미국에서 생산되는 승용차와 수입되는 승용차 그리고 상용차(트럭)의 평균 연비를 비교하게 된다. 또한 정부개입의 영향과 연비 개선이라는 기술혁신의 메커니즘을 파악하기 위해서 미국과 한국에서 출원된 특허를 분석한다. 연비(mpg)와 관련해 출원된 특허를 대상으로 했는데 제목과 초록에서 연비가 언급된 특허의 출원 추이를 분석했다. 특허 출원이 기업 내부 기술혁신의 성과와 연구개발 노력에 대한 지표라면, 기술거래는 외부 자원을 활용한 기술혁신 노력이라고 볼 수 있다. 본 연구에서 기술거래 자료를 활용해서 이런 활동의 경향까지 분석해 정부의 개입이 어떤 메커니즘으로 기술혁신을 초래했는지 설명하고자 했다.

또한 정부개입이 계속 필요한지 살펴보기 위해서 소비자의 관심을 분석했는데, 연비에 대한 관심을 분석하기 위해 웹사이트에서 검색하는 트래픽 강도를 측정하게 된다. 비교대상으로는 전세계적으로 80%가 넘는 검색 시장 점유율을 차지하고 있는 미국의 검색 사이트(netmarketshare.com), 구글(Google)의 검색통계와, 국내의 경우에는 국내 검색시장에서 80%에 육박하는 비중을 차지하는 네이버의 검색트래픽을 활용했다(koreanclick.com). 네이버나 구글의 검색 트래픽을 소비자 행동의 지표로 가정한 것은 구글 검색이 이미 시장에서 독점적인 위치를 차지하고 있으며, 생산자나 연구자도 검색 가능하지만, 전문 DB에 접근이 제한된 소비자의 구글 활용이 대부분을 차지하고 있을 것이기 때문이다(전승표 외 2013).

2. 연구 사례

1975년 미국 하원과 포드 대통령은 EPCA(Energy Policy and Conservation Act)를 통과시켰으며, 이 법안을 통해 미국 내 환경 정책의 새로운 패러다임이 정립됐다. 특히, 자동차에서 배출되는 CO₂에 대한 정책을 대폭 강화하였는데, 이것이 바로 현재까지 시행되고 있는 CAFE 기준이다. CAFE 기준은 자동차 배기가스를 직접 규제하기보다 자동차의 연비(mpg)를 규제하는 것이 특징이다. 당시 EPCA는 NHTSA(도로교통안전국)와 EPA에 별도의 책임을 부여했는데, EPA에게는 기준에 사용될 연비 측정 의무를, NHTSA는 EPA가 측정한 연비를 이용하여 CAFE 기준 설정과 페널티 부과 의무를 주었다. 1975년 처음 제정된 CAFE 기준은 자동차 업체들이 10년 이내에 점진적으로 평균 목표연비 27.5mpg를 충족시킬 것을 가이드라인으로 제시했다(한국투자증권 2010).



<그림 1> CAFE 기준의 변화 추이

자료: www.fhwa.dot.gov(2014)

이런 CAFE 기준을 맞추기 위해서 미국 자동차 시장에서는 하이브리드 자동차의 판매가 활발해졌는데, 하이브리드 자동차는 최근 시장이 도입기를 지나 성장기에 가까워졌다. 완성차 업체 입장에서는 하이브리드 자동차나 전기자동차의 판매는 기업 전체의 복합연비를 많이 낮춰주기 때문에 CAFE 기준을 맞추기 용이해지는 장점이 있다.

하이브리드 자동차(Hybrid Vehicle, 이하 HEV)는 거의 미국 시장을 중심으로 발전해왔다. 미국에서 하이브리드 자동차는 2010년에 신차 판매량의 2.5%까지 차지하는 시장으로 성장해서, 2011년 5월에는 누적 판매량이 2백만대에 이르렀으며, 2012년 1사분기에는 월간 신차 판매 시장점유율이 처음으로 3%를 넘기도 했다. 국내에서는 현대와 기아 자동차가 2009년 7월 LPG 하이브리드인 아반떼 LPi(현대)와 포르테 LPi(기아)를 국내 최초 하이브리드 자동차로 출시한 바 있다. 정부의 지원과 적극적인 광고로 빠르게 시장이 성장해서 2012년 9월에는 월간 신차 판매 시장점유율이 2.5%까지 성장하기에 이르렀으며, 누적 판매량(국산 기준)이 5만대에 육박하게 되었다(전승표 외 2013).

3. 자료 수집

본 연구에서 CAFE 기준의 도입에 따른 변화를 실증적으로 살펴볼 주요 변수는 CAFE 기준, 미국 자동차(신차) 복합 평균 연비, 검색트래픽, 특허 출원, 기술거래, 신차 중 하이브리드 및 전기자동차 판매점유율이 된다. 이 주요 변수의 자료원은 <표 1>과 같다.

<표 1> 주요 변수와 지표별 자료원

변수 및 지표	자료원	설명
CAFE 기준	Fhwa.dot.gov	승용차 및 경트럭의 복합 연비 기준
신차 복합 연비	Nhtsa.gov	연도별/신차 모델별 연비의 복합 평균
검색트래픽(미국)	Google trends	주간별, 분기별 미국의 검색트래픽(2004년-현재)
검색트래픽(한국)	Naver trend (베타)	주간별 대한민국의 검색트래픽(2007년-현재)
특허출원	Kipris.or.kr	연비 관련 미국 출원 특허(연도별)
기술거래	Royaltystat.com	NAICS, SIC, 산업별 기술거래 현황(연도별)
하이브리드 자동차 시장점유율(미국)	Hybridcar.com	월별 미국 신차 판매량 중 하이브리드 및 전기자동차 점유율(2004년-2014년 5월)
하이브리드 자동차 시장점유율(한국)	Kama.or.kr	월별 대한민국 신차 판매량 중 하이브리드 자동차 점유율(2004년-2014년 5월)

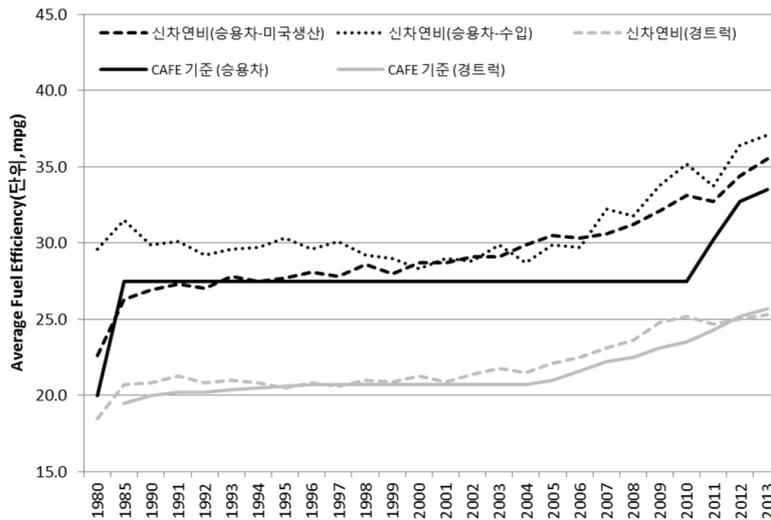
IV. 연구 결과

1. 정부개입의 결과

소비자는 연비에 대한 관심이 둔감해졌지만, 과연 생산 기업은 정부의 정책에 따라 연비를 개선시켰을까? 1975년 처음 제정된 CAFE 기준은 자동차 업체들이 10년 이내에 점진적으로 평균 목표연비 27.5mpg를 충족시킬 것을 제시했는데, 평균 연비 27.5mpg는 당시 자동차 업체들에게 상당히 공격적인 목표였다. 하지만, <그림 2>에서 보면 1990년대에는 미국에 수입되는 승용차는 물론 미국에서 생산되는 승용차와 경트럭(light

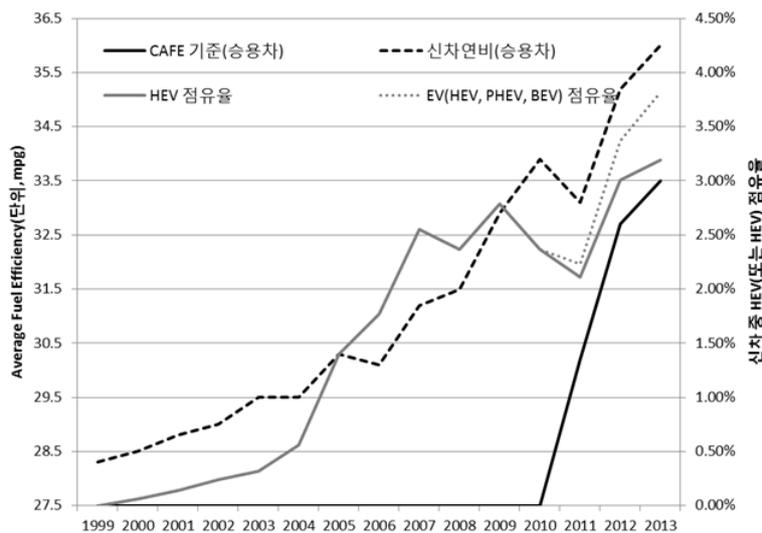
truck)도 모두 기준을 충족했으며, 더 나아가 2013년까지 기준에 미리 대응해 발전해 나간 모습을 보이고 있다. 1990년대 초반까지는 기준을 맞추는데 어려움이 있었지만, 2000년대 초반부터는 기준을 여유 있게 상회하면서 2010년 이후 높아질 기준에 대비하는 모습이 나타났다. 정책 개입이 결과적으로 성공한 것으로 나타난 것이다.

이런 기업 복합 평균연비의 증가는 기존 차량의 연비 효율 향상의 노력도 컸지만, 특히 2000년대 들어서서는 <그림 3>에서 나타나듯이 무엇보다 기존차량 대비 연비가 월등한 HEV, PHEV, BEV와 같은 전기 자동차(이하 EV) 점유율의 확대가 전체 기업 복합 평균 연비를 높이는 데 크게 이바지 했다.



<그림 2> 미국 연비 기준(CAFE) 변화와 판매차량의 평균 연비의 추이 비교(1980~2013)

자료: www.fhwa.dot.gov(2014)



<그림 3> 미국 연비 기준(CAFE) 변화와 신차중 HEV 점유율의 추이 비교(1980~2013)

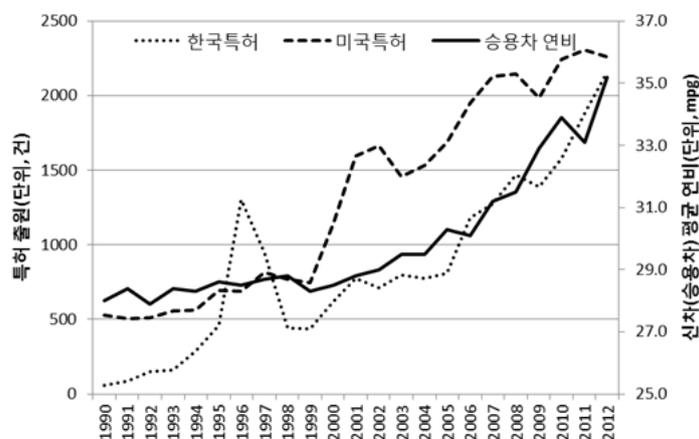
자료: www.fhwa.dot.gov 및 Hybridcars.com(2014)

<그림 2>를 보면 2000년대 들어서 기업평균연비는 기준을 상회하여 발전하기 시작했는데, <그림 3>에서

설명하듯이 이 시기는 미국에서 HEV(하이브리드 자동차)가 본격적으로 판매를 시작한 시기와 일치한다. 실제로 이시기의 HEV나 EV(전기 자동차)의 점유율은 기업평균연비와 통계적으로 매우 유의미한 관계를 보였으며, 변수의 설명력도 크게 나타났다(결정계수 87.7%). 물론 CAFE 기준도 기업평균연비나 EV의 신차 점유율과 통계적으로 유의미한 관계로 나타났으며, 역시 우수한 설명력으로 보였다. 따라서 세계 그린 자동차 시장을 주도하는 미국 자동차 시장에서 연비 향상은 CAFE 기준이라는 정부 규제가 강한 동인이었다는 결론을 유추해 볼 수 있었다. 이런 본연구의 결과와 시장실패를 주장한 선행연구에 따르면 자동차 생산 기업 입장에서는 기준을 따르지 않으면 벌금 등 불이익을 당하기 때문에 타의로 연비를 높여야 했고, 어쩔 수 없이 높은 연비를 다른 기업과 차별화하기 위한 홍보 요소로 활용하고 있다는 주장을 할 수 있다.

2. 기술혁신의 메카니즘

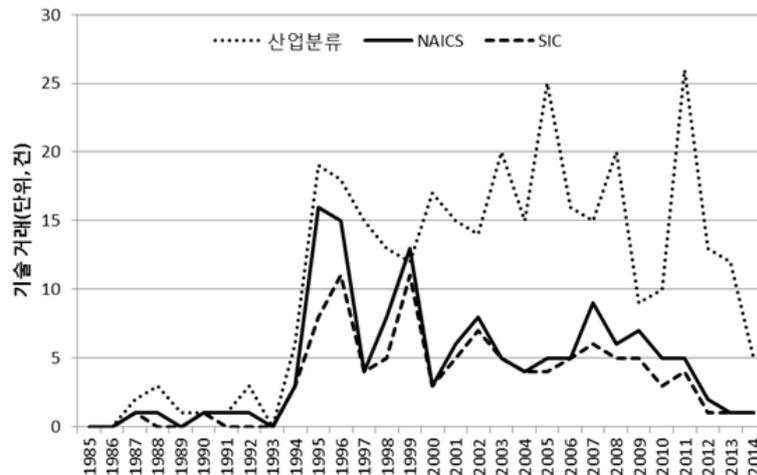
이런 정부 개입에 의한 연비개선의 결과도 역시 생산자의 기술혁신 없이는 불가능하며 내외부적인 연구개발 노력의 결과라고 할 수 있다. 따라서 정부개입의 효과를 생산자의 기술혁신 노력이나 성과와 연결하면 보다 분명하게 개입의 효과를 살펴볼 수 있다. <그림 2>에서 나타난 것과 같이 1990년대 이후 신차의 평균 연비는 개선되어 왔는데, <그림 4>에서 보면 1990년 이후 연비와 관련된 특허 출원도 지속적으로 증가하는 모습을 보였다. 이를 통해 연비관련 기술 혁신이 다수 시도되었음을 확인할 수 있었다. 특히 2000년에 들어서서 미국을 중심으로 연비와 관련된 특허 출원이 급증했는데, 2000년대 중반의 급격한 연비 개선 효과에 앞선 기술혁신의 성과를 설명하고 있었다.



<그림 4> 미국과 한국의 연비관련 특허 출원과 신차 연비 비교(1990~2012년)

그럼 이런 생산자의 연비 개선 연구와 성과는 미리 준비되었던 것일까? 자동차와 관련된 기술거래 추이를 보면 이런 내부적인 연구개발 노력이 처음부터 원활했던 것으로 보이진 않는다. <그림 6>에서 자동차 산업관련 기술거래(라이선스) 현황을 살펴보면 376건의 거래가 검색되었는데, 1995년 이후 지금까지 다소 변화가 있었지만 금융위기 여파가 있었던 2009~2010년을 제외하면 지속적인 증가세를 보였다. 그러나 엔진관련 기술은 표준산업분류(SIC: 3714)나 북미산업분류시스템(NAICS: 3363) 분류로 보면 100건이 검색되었는데, 1995년부터 2000년대 초반까지 집중적인 거래가 나타났다. 즉 자동차 산업에서 연비 개선과 밀접한 엔진 기술의 혁신에서 초기에는 개방형 혁신이 주도했음을 확인할 수 있었다. 또한 이런 외부 의존적 기술혁신이 내부 혁신으로 이어지면서 <그림 4>를 보면 2001년 이후 특허 출원이 크게 증가했고, <그림 5>에서는 기술거

래가 급격히 감소했다. 기술거래와 특허 출원 분석을 통해 우리는 정부개입에 의한 연비 규제가 먼저 외부 기술을 활용한 혁신을 촉진시켰으며, 궁극적으로 기업들이 자체적 기술을 보유하게 만들었다는 것을 확인할 수 있었다.



<그림 5> 자동차와 엔진관련 기술 거래 추이(1995~2014년)

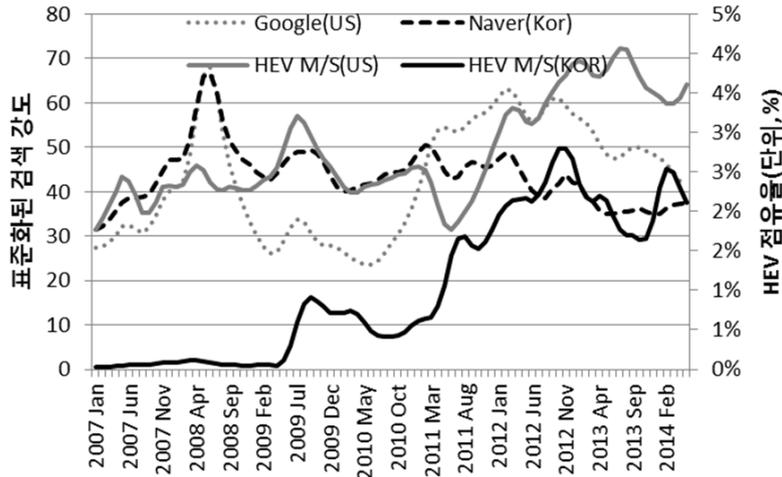
3. 시장실패를 예측하기 위한 실증적 접근 방법

앞서 살펴본 CAFE 기준관련 선행연구들에서 이미 정부개입의 적절성과 정책의 효과에 대한 다양한 논의를 통해 시장실패에 대한 여러 가지 설명을 제시했다. CAFE 기준이 경제적으로 오히려 비효율적이고, 리바운드 효과로 외부 비용도 발생하며, 생산자에게 시장의 요구와 상관없는 왜곡된 투자 하는 등 비판적 시각도 있었다. 그러나 CAFE의 타당성 즉 정부개입의 타당성을 주장하는 연구들은 고연비 기술혁신의 시장실패를 확신하고 있었는데, 그 주요 근거는 다음과 같았다. 소비자는 사회에 비해 미래의 편익보다는 현재의 편익을 더 선호한다. 고연비 기술은 사회에 보다 유익한 기술로 소비자 입장에서는 편익도 크지 않으며, 심지어 미래의 불확실성까지 감수해야 한다. 또한 소비자는 기대한 만큼 참을성 많지 않아 초기 투자비용에 대한 빠른 회수를 기대한다. 이렇듯 소비자 입장으로만 분석해도 고연비 친환경 기술혁신은 많은 초기 투자비용을 수반하지만 투자를 결정할 동인이 많지 않은 것이다. 본 연구에서는 이런 시장 실패를 극복하기 위해 정부의 개입이 불가피했을 것이라는 데 동의하며, 앞서 밝힌바와 같이 개입이 소기의 목적을 달성했다고 주장한다.

그렇다면 정부는 기술혁신이 어느 정도 성공한 지금도 계속 개입하는 것이 타당할까? 현재도 앞으로도 시장은 자율적으로 고연비 자동차를 선택하진 않을까? 이런 문제 제기와 관련해서 기대만큼 소비자가 고연비 친환경 자동차를 선택하지 않을 것이라는 예측을 가능하게 하는 주장은 곳곳에서 발견되었다. 앞서 언급된 Turrentine & Kurani(2007)의 연구에서는 소비자가 연비 저감의 효과를 합리적으로 계산하지 않는다는 것을 보여주었다. 또한 Jun et al.(2014)의 연구에 따르면 소비자는 면대면 설문에서는 자동차의 친환경성(예 배기 가스 배출 등)이 그린 자동차 구입 선택에서 중요하다고 대답하지만, 심지어 그린 자동차에 대한 정보를 검색할 때조차도 차량과 관련된 친환경성을 거의 검색하지 않는 것으로 나타났으며, 가격과 같은 경제적 요소를 주로 검색하고 있었다.

앞서 살펴본바와 같이 고연비 기술이 상용화되고 있는 최근에 소비자에게 연비를 과거와 비교해서 중요한 선택의 기준이 되었을까? 실제로 <그림 6>을 보면, 유가가 폭등했던 2008년 상반기에는 미국과 한국에서 연

비를 검색하는 소비자가 많았지만, 최근에 들어 연비에 대한 관심이 상대적으로 감소하고 있는 것을 확인할 수 있다. 여기서 미국은 동기간 'mpg'를 한국은 '연비'를 검색한 경우를 분석한 것이다. <그림 6>에서 보면 미국에서 하이브리드 자동차 판매량은 지속적으로 상승하고 있지만 연비에 대한 관심은 높아지지 않고 있다. 이런 추세는 국내에서도 비슷해서 2011년 이후 하이브리드 자동차의 판매비중은 높아졌지만, 연비의 검색은 낮아지고 있었다. 이런 경향은 비록 고유가가 지속되지만 유가의 변동폭이 안정화된 시기에서 연비는 소비자의 선택에 결정적인 요인이 되지 못할 있다는 점을 방증한다고 할 수 있다.



<그림 6> 미국과 한국의 연비 검색 및 HEV 시장 점유율 추이 비교(2007~2014년 5월)

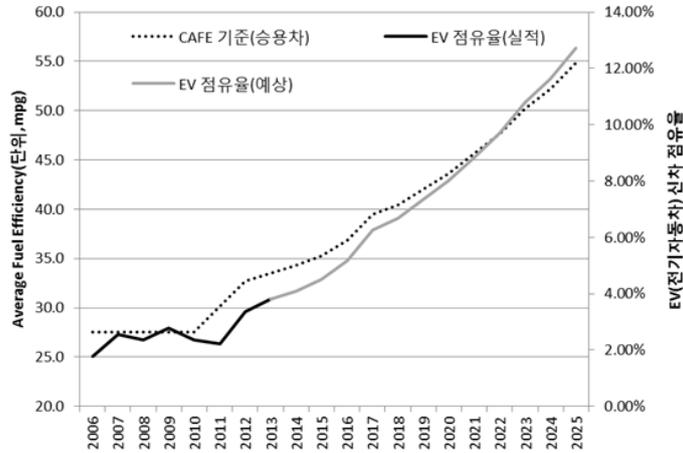
결국 이런 소비자의 무관심은 최근의 연비 개선에 불구하고, 계속된 기술혁신과 시장에서 성공을 위해서 여전히 정부개입이 필요하다는 방증한다고 주장할 수 있다.

V. 토의

이상에 살펴본 것과 같이 고연비친환경 자동차를 시장에서 확대시키기 위한 정부의 개입은 성공했다. 이렇게 미국 자동차 시장에서 연비 규제가 큰 영향을 주며, 정부의 개입이 계속된다면, 우리는 정부의 향후 규제 계획을 통해 고연비(그린) 자동차 시장의 확대 가능성을 점쳐볼 수 있을 것이다. 최근 오바마 행정부는 <그림 7>과 같이 연비 기준(CAFE)을 2016년의 갤런당 35.5마일에서 2025년에는 54.5마일로 급격히 높이는 계획을 승인했다(차량의 크기(footprint)별로 상이, Department of Transportation 2012). 비록 이런 연비 규제가 생산 업체 입장에서는 값비싼 전기자동차의 활성화보다는 손쉬운 기존 차량의 소형화와 경량화를 가속할 것이며, 이런 노력은 오히려 소비자의 안전을 위협할 것이라는 부정적인 의견도 있지만, 당분간 연비 규제가 강화될 것이라는 데는 이견이 없다.

오바마 정부가 공격적으로 제시한 연비 기준이 계획대로 진행된다면, 전기 자동차의 점유율은 크게 영향 받을 수밖에 없다. 앞서 제시된 바와 같이 연비 기준과 전기 자동차의 점유율이 통계적으로 유의미한 관계를 보였다는 점에 착안하면 <그림 7>과 같이 미국 시장에서 전기 자동차 점유율을 추정해 볼 수 있다. 추정 방법은 선도지표(유사제품) 방법을 활용했는데, 연비 기준과 전기 자동차의 인과관계를 규명한 후 미래의 연비

기준을 원인변수(독립변수)로 보고 회귀분석 하여 시장을 추정한 결과다. 분석에 따르면 연비 기준이 높아짐에 따라 현재 신차 중 전기 자동차가 차지하는 비중이 4% 수준이지만, 2025년에는 12.7%까지 높아질 것으로 추정되었다.



<그림 7> CAFE 기준의 계획과 미국 시장의 전기 자동차(EV) 점유율 추정

앞서 살펴본 바와 같이 전기 자동차를 중심으로 한 고연비 그린 자동차의 성장에는 아직까지 소비자의 니즈보다는 규제 당국의 적극적인 개입이 보다 중요한 역할을 하고 있다. 그런데, 보다 공격적인 규제가 계획된 미국의 연비 기준 계획을 고려해도 미국 전기 자동차의 점유율은 향후 10년간 현재 3배 수준의 규모 확대가 기대되었을 뿐이다. 최근 10년간 전체 신차 시장 규모가 0.5%로 거의 성장하지 못한 점을 감안하면, 향후 10년 후 전기 자동차 시장 규모는 현재의 3배로 성장한다고 볼 수 있고, 향후 10년 후 미국 전기 자동차의 시장규모는 180만대 수준으로 예상된다.

VI. 결론

본 연구는 미국 자동차 시장에서 CAFE 기준이라는 정부의 적극적인 개입으로 기업의 기술혁신을 성공적으로 이끌었고 시장 실패를 극복시켰다 것을 보였다. 특히 출원 자료 분석과 기술 거래 자료 분석을 통해서 기업들은 초기에 기술 거래를 통해 기술혁신을 시도했으며, 이를 바탕으로 내부에서 적극적인 기술혁신을 시도했다는 것을 보였다. 또한 검색트래픽을 통해 아직도 고연비 자동차의 기술혁신이 시장에서 실패할 수 있으며 정부 개입이 계속 필요하다는 것을 보였다. 기존 선행연구들이 정책의 편익에 대한 논의와 사회적 효과에 대한 분석을 주로 했다면, 본 연구는 소비자와 생산자의 행동과 전략이라는 관점에서 분석했다는데 의미가 있을 것이다. 이런 접근 방법은 향후 정책의 효과나 편익을 측정하는데 새로운 방향을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

특히 본 연구는 다수의 정량적 지표를 제공했고 이들의 관계를 통해 미래의 변화를 예측해보았다는 측면에서도 의의가 있다. 물론 본 연구가 제시한 예측과 관련해서, 높은 연비 기준은 외부적인 도전을 받게 될 수 있다. 실제로 1980년대는 미국에서는 경기 활성화를 위한 자동차 산업 육성 정책이 힘을 받으면서 CAFE 기준이 27.5mpg에서 26mpg로 하향 조정된 경험도 있었다. 미래에도 미국 자동차 산업의 경쟁력과 시장의

변화에 따라서 앞서 제시된 기준을 변화할 수 있다는 것이다. 그러나 미국의 환경규제가 전방위로 확대되고 있기 때문에 현재 단계에서 갑작스런 완화를 기대하기는 힘들다. 오히려 국내 시장에서 국내 생산 기업의 반발로 저탄소차협력금제도 도입의 재검토가 공론화되는 등 미국 시장보다는 국내시장에서 고연비(그린) 자동차 시장 활성화를 위한 제도 도입이 늦어지고 있기 때문에 국내 시장에서 HEV나 PHEV의 점유율 확대는 쉽지 않은 상황이다. 본 연구 결과에 따르면, 아직까지도 고연비 자동차 시장은 소비자에 의해 활성화된다기 보다는 정부 정책에 의해 움직이고 있기 때문에, 다른 여러 가지 영향 요인을 검토해야겠지만 국내 전기 자동차 시장의 활성화를 위해서는 미국과 같이 국가 정책에 의한 활성화 노력이 절실하다.

이 연구의 한계로는 먼저 활용된 데이터의 한계가 있는데, 검색트래픽 데이터와 관련해서 구글이 원시데이터와 조사방법에 관한 많은 정보를 제공하지만, 본 연구에서 활용된 검색트래픽 데이터가 가공된 2차 데이터였다는 점이다. 또한 네이버 트렌드가 아직 베타 서비스를 제공하고 있어 데이터나 분석 결과를 충분히 신뢰할 수 없다는 한계도 있다(전승표 외 2013). 또한 기술거래 자료의 활용에서 엔진관련 기술의 거래로 폭넓게 대상이 선정되었으며, 특히 출원 자료도 연비와 직접 관련된 특허를 직접 선정하지 않았다는 한계가 있었다. 즉 기술 거래와 특허 출원 자료 모두 직접 관련된 자료를 정제하는 노력을 배제했다는 한계가 있는 것이다. 또한 향후에는 검색트래픽의 추세 분석에서 언급된 유가 급등과 기술 거래 자료 분석에서 언급된 금융위기와 같은 외부 환경의 영향에 대한 분석을 확대할 필요가 있다.

참고문헌

- 서영웅, 최석준, 이시욱 (2012), “정부의 지역 입지규제는 기업 경영 및 혁신성장에 어떤 영향을 미치는가? 기술혁신학회지”, 15(3), 586-603.
- 송위진 (2002), “혁신체제론의 과학기술정책”, 기술혁신학회지, 5(1), 1-15.
- 송위진 (2006), 「기술혁신과 과학기술정책」, 르네상스
- 연합뉴스 (2014), “국민 63% 저탄소차협력금제 2021년 연기 시행 반대”, 2014. 10. 1.
- 유종훈, 김후곤 (2011), “손익분기점 분석을 이용한 전기차의 보조금 정책 연구”, 에너지 공학, 20(1), 54-62.
- 이경애 (2008), “무선인터넷서비스 산업혁신시스템 실패 메커니즘의 분석”, 기술혁신학회지, 11(1), 46-71.
- 전승표, 김유일, 유형선 (2013), “웹 검색트래픽을 활용한 소비자의 기대주기 비교 연구”, 기술혁신학회지, 16(4), 1109-1133.
- 전승표 (2014), “누가 연비 경쟁을 시키고 있을까?”, KISTI Market preort, Vol. 4 (7). 3-6.
- 한국투자증권 (2010), “전기차의 Motorization 시대를 준비하자”, 산업분석 Report
- Anderson, S. T., Parry, I. W., Sallee, J. M., & Fischer, C. (2011), Automobile fuel economy standards: Impacts, efficiency, and alternatives. Review of Environmental Economics and Policy, req021.
- Clerides, S., & Zachariadis, T. (2008), "The effect of standards and fuel prices on automobile fuel economy: an international analysis," *Energy Economics*, 30(5), 2657-2672.
- Department of Transportation (2012), "2017 and Later Model Year Light-Duty Vehicle Greenhouse Gas Emissions and Corporate Average Fuel Economy Standards; Final Rule," *Federal Register*, Vol. 77, No. 199.
- Greene, D. L., German, J., & Delucchi, M. A. (2009), Fuel economy: the case for market failure. In Reducing climate impacts in the transportation sector, Springer Netherlands.

- Gerard, D., & Lave, L. (2003), "The economics of CAFE reconsidered: a response to CAFE critics and a case for fuel economy standards. AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies," *Regulatory Analysis*, 03-01.
- Jacobsen, M. R. (2013), "Evaluating us fuel economy standards in a model with producer and household heterogeneity," *American Economic Journal: Economic Policy*, 5(2), 148-187.
- Jun, S. P., Park, D. H., & Yeom, J. (2014), "The possibility of using search traffic information to explore consumer product attitudes and forecast consumer preference," *Technological Forecasting and Social Change*, 86(1), 237-253.
- Kahane, C. J., (2003), "Vehicle Weight, Fatality Risk, and Crash Compatibility of Model Year 1991-99 Passenger Cars and Light Trucks," NHTSA technical report DOT HS 809 662, Washington, DC, October 2003.
- Lutter, R., & Kravitz, T. (2003), "Do Regulations Requiring Light Trucks to be More Fuel Efficient Make Economic Sense?. An Evaluation of NHTSA's Proposed Standards." AEI-Brookings Joint Center for Regulatory Studies, working paper, 03-2.
- National Research Council(NRC) (2002), "Effectiveness and Impact of Corporate Average Fuel Economy (CAFE) Standards," National Academy Press, Washington, DC, 2002.
- Plotkin, S. E. (2009). Examining fuel economy and carbon standards for light vehicles. *Energy Policy*, 37(10), 3843-3853.
- Small, K. A., & Van Dender, K. (2005), A study to evaluate the effect of reduced greenhouse gas emissions on vehicle miles traveled. California Environmental Protection Agency, Air Resources Board, Research Division.
- Turrentine, T. S., & Kurani, K. S. (2007), "Car buyers and fuel economy?." *Energy Policy*, 35(2), 1213-1223.
- Van Auken, R. M., & Zellner, J. W. (2003), A Further Assessment of the Effects of Vehicle Weight and Size Parameters on Fatality Risk in Model Year 1985-98 Passenger Cars and 1985-97 Light Trucks (Vol. 3). DRI-TR-03-01 Torrance: Dynamic Research, Inc.
- Whitefoot, K., Fowlie, M., & Skerlos, S. (2011), "Product design response to industrial policy: Evaluating fuel economy standards using an engineering model of endogenous product design," Energy Institute at Haas Working Paper No. WP-214.