

기후변화협약 대응 대책으로 경유 승용차 판매 허용이 가지는 효과[†]

유응섭*, 박진원**, 김경섭*

The Effect of Sales Permission of Diesel Passenger Cars
as a Countermeasure against the Climatic Change Convention

Eung-Sop Yoo, Jin-Won Park, Kyung-Sup Kim

Abstract

The climatic change convention is a matter of grave concern to the whole world. As a countermeasure against the climatic change convention, the Korean Government permits the sale of diesel passenger cars since 2005. In this paper, we analyse the effect of the sales permission of diesel passenger car as the countermeasure. The share, carbon emission, and pollutants emission of each type of passenger cars are analysed using system dynamics. The result is that the carbon emission is decreased by 5.5% but the pollutants emission is increased by 5%. If the pollutants emission was dealt successfully with, the sales permission of diesel passenger cars would be a good countermeasure against the climatic change convention.

Key Words: Climatic Change Convention, Diesel Passenger Car, System Dynamics

[†] 본 연구는 『차세대 핵심환경기술개발사업』에 의해 지원되었음.

* 연세대학교 정보산업공학과

** 연세대학교 화학공학과

1. 서론

기후변화협약은 인류의 활동에 의해 발생하는 위험하고 인위적인 영향이 기후 시스템에 미치지 않도록 대기 중 온실가스의 농도를 안정화시키는 것을 목적으로 하는 범지구적 환경협약이다. 그러나 이러한 협약이 이행에 들어가면 온실가스의 배출 규제에 의하여 기존의 산업과 경제활동에 커다란 타격이 있을 것이 분명하다. 따라서 그 충격을 미리 연구하고 준비하여, 충격을 최소화 시키는 방법을 보유한 국가나 기업이 세계 경제에서 경쟁 우위를 차지할 수 있을 것이다.

우리 정부는 기후변화협약에 대응하기 위한 대책으로 「기후변화협약 대응 제2차 종합대책」을 2002년 3월 발표하였다. 그 내용 중 경유 승용차 개발 지원이라는 항목이 있다. 경유 승용차가 휘발유 승용차보다 이산화탄소 배출량과 연료 소비량이 적은 장점을 가지고 있어서 차세대 친환경 자동차로 발전할 가능성이 크기 때문에 기후변화협약 대응 대책에 포함된 것이다. 정부는 경유 승용차 관련 기술 개발 지원뿐만 아니라, 2005년부터 내수시장에서도 경유 승용차를 판매할 수 있도록 허용하였다.

기후변화협약으로 인한 파급효과에 대한 연구의 방법으로는 여러 가지가 있으나, 문제의 특성상 전 지구적 관점에서 연구를 진행해야 하는 경우가 많기 때문에 거시적인 접근법이 많이 사용된다. 본 연구에서는 그 중 시스템 다이내믹스를 사용하여 연구를 진행한다. SD는 1961년 포레스터(Jay W. Forrester)에 의해 제안된 시스템들의 행태를 연구하는 방식으로서, 정책과 의사결정과 구조 그리고 시간 지연 등이 어떻게 상호 연결되어 시스템의 성장과 안정성에 영향을 주는지를 밝히고자 하는 연구 방식이다[2].

경유 승용차의 판매 허용과 관련된 기존 연구로는 경유 승용차의 판매가 허용되기까지의 과정을 옹호연합모형을 사용하여 분석한 장지호의 연구가 있다[4]. 산업연구원에서는 수송

용 에너지 가격 체계의 바람직한 개편 방안에 대하여 연구하기도 하였다[5]. 또한 조세정책 연구원 등에 의해 경유 승용차의 허용에 따른 에너지 상대 가격 조정방안이 연구되기도 하였다[7]. 이러한 기존 연구들에서는 경유 승용차로 인한 탄소 배출량이나 오염물질 배출량에 대한 정량적인 분석이 이루어지지 않아서 실제 나타날 효과에 대한 예측이 잘 이루어지지 않았다.

따라서 본 연구에서는 이러한 점을 보완하여 정량적인 분석에 초점을 맞추어, 2005년 이후 경유 승용차의 내수 판매가 허용되었을 때의 각 차종별 승용차 시장 점유율, 탄소 배출량, 오염물질 배출로 인한 환경 비용 등을 여러 가지 상황을 고려하여 분석한다.

2. 경유 승용차의 특징

2.1 국내 승용차 시장의 상황

2004년 기준으로 국내에는 약 1000만대의 승용차가 등록 되어 있다. 승용차는 사용 에너지에 따라 휘발유 승용차, 경유 승용차(경유 RV 포함), LPG 승용차로 구분할 수 있다. 각 차종별 분포는 <표 1>과 같이, 2004년 기준으로 휘발유 승용차가 71.9%, 경유 승용차가 16.4%, LPG 승용차가 11.7%를 차지하고 있다. 경유 승용차는 2005년 이전에는 경유 RV만 판매가 되었으나 2005년부터 경유 승용차도 판매하게 되어 앞으로는 이 두 가지를 각각 경유 승용차와 경유 RV로 구분하여 부르기로 한다. 휘발유 승용차의 수는 대체로 변화가 없지만, 경유 RV의 경우 매년 등록대수가 증가하고 있고, LPG 승용차는 소폭 등록대수가 증가하고 있다.

2005년 이전에도 우리나라에서 경유 승용차는 법적으로는 판매할 수 있도록 허용되어 있었지만 배출 가스 허용 기준이 비현실적으로 높아 실제로 국내에 판매되는 경유 승용차는 없었다.

<표 1> 차종별 자동차 등록대수

		휘발유	경유	LPG
2001	등록대수	7367200	680828	840159
	비율	0.829	0.077	0.095
2002	등록대수	7628474	1080658	1027185
	비율	0.784	0.111	0.106
2003	등록대수	7722242	1413047	1142360
	비율	0.751	0.137	0.111
2004	등록대수	7687000	1751000	1251000
	비율	0.719	0.164	0.117

(교통안전공단, 자동차 주행거리 보고서)

하지만 기후변화협약에 의하여 국내 온실가스의 배출을 줄여야 하는 상황에 이르렀고, 유럽 연합의 경유 승용차 배출가스 기준 완화에 대한 압력, 국내 자동차 업계의 경유 승용차에 대한 내수 시장 구축 요구 등의 압력이 작용함에 따라 정부는 경유 승용차의 실질적인 내수 판매를 허용하게 되었다. 이로 인해 배출가스 기준이 유럽 기준인 EURO-3와 EURO-4에 해당하는 경유 승용차의 판매를 2005년 허용하고, 2006년 이후에는 EURO-4 기준을 만족하는 경유 승용차만 판매를 허용하게 되었다. 유럽의 경유 승용차 배출가스 기준은 <표 2>에 나타나 있다.

<표 2> 유럽의 경유 승용차 배출가스 기준

(g/km)	CO	HC	NOx	PM
EURO-1	2.72	0.97	-	0.14
EURO-2	1.0	0.7	-	0.08
EURO-3	0.64	0.56	0.50	0.05
EURO-4	0.50	0.30	0.25	0.025

(2003, 환경부, 경유차 대기오염 저감대책)

2.2 경유 승용차의 특징

경유 승용차는 일반적으로 동급의 휘발유 승용차 보다 연비와 힘이 좋고, 이산화탄소의 배출량이 적다는 장점이 있다. <표 3>에는 두

차종에 대하여 각각 휘발유와 경유 엔진을 사용하는 모델에 대하여 오염물질, 이산화탄소 배출량, 연비에 대한 분석 결과가 나와 있다. <표 3>에서 보는 것처럼 경유 승용차의 연비가 휘발유 승용차보다 50%정도 우수하며, 이산화탄소 배출량은 약 24% 정도 적은 것으로 나타났다.

<표 3> 휘발유차와 경유차의 배출량 비교

		차량 A		차량 B	
		경유	휘발유	경유	휘발유
오염물질 배출량 (g/km)	배기량(cc)	2000	2000	1500	1500
	계	0.51	0.31	0.62	1.02
	CO	0.13	0.24	0.16	0.92
	HC	0.02	0.03	0.01	0.03
	NOx	0.33	0.04	0.42	0.07
	PM	0.03	-	0.03	-
CO ₂ (g/km)		170.00	223.00	163.40	213.70
연비(km/ℓ)		15.50	10.50	16.40	10.90

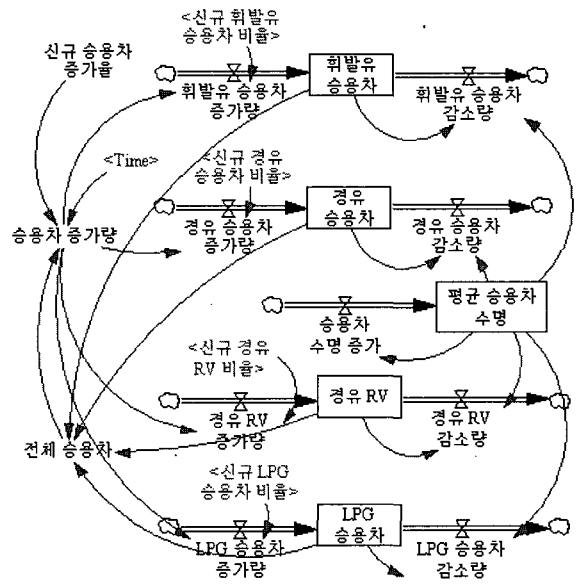
(2003, 환경부, 수도권 대기질 개선 특별대책)

하지만 이러한 장점 이외에 오염물질의 배출량이 휘발유 승용차에 비해 많다는 단점도 존재한다. 비록 <표 3>에서는 경유 승용차의 오염물질 배출량이 휘발유 차량과 거의 비슷하게 나타나 있지만, 국내 자동차 전체를 대상으로 분석한 결과에서는 자동차 수에서는 경유 자동차(전 차종 포함)가 30% 정도 인데 반해, 오염물질 배출량에서는 경유 자동차가 50%를 넘게 차지한다는 결과가 나오고 있다.

이러한 상황을 고려하여 정부는 수송용 에너지 가격 체계를 2006년 7월까지 휘발유:경유:LPG의 가격비를 100:75:60으로 개편하기로 하였다. 하지만 본 연구에서는 이러한 가격비는 경유 승용차의 판매 허용을 고려하지 않은 개편안이어서 100:85:50이 적절하다는 학계의 의견을 반영하기로 한다. 이렇게 하면 경유 승용차량으로의 급격한 신규 차량 수요가 이동하는 것을 방지하여 오염물질의 배출량 증가에 대한 부담을 덜 수 있을 것이다.

2.3 디젤엔진의 기술 발전

경유 승용차에 사용되고 있는 디젤엔진은 내구성이나 신뢰성이 우수하고 열효율이 높아 연료소비량과 탄소 배출량이 적다. 하지만 확산연소의 특성인 공기이용율의 저하로 매연의 발생이 많고, 국부적인 고온의 발생으로 NOx의 배출이 문제가 되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 커먼레일 고압분사방식 엔진, 신개념 연소방식 개발 등의 연소 기술 개선에 대한 연구가 진행되고 있다. 또한 DOC(Diesel Oxidation Catalyst), DPF(Diesel Particulate Filter), SCR(Selective Catalyst Reduction), NOx 저장촉매 기술 등의 배기 후처리 기술 개발이 진행되고 있어서 향후 오염물질의 배출은 감소할 것으로 전망된다.[6]



<그림 1> 유종별 승용차 수

3. 시뮬레이션 모델

SD 모델은 크게 <유종별 승용차 수>, <자동차 선택 비율>, <탄소 및 오염물질 배출>의 세 가지 부분으로 나눌 수 있다. 모델은 Ventana Simulation Environment의 Vensim V5.3을 이용하여 모델링 되었다.

3.1 유종별 승용차 수

<유종별 승용차 수> 부분에서는 각 자동차의 전체 등록대수의 변화를 모델링하였다. <그림 1>에 나타난 것처럼 새로운 차량이 매년 추가되고, 수명을 다한 차량은 폐차된다. 새로 추가되는 차량의 수는 전체 승용차의 수에서 추가될 신규 승용차의 비율을 곱하여 결정된다. 하지만 각 차종별로 추가되는 신규 차량의 수는 <자동차 선택 비율> 부분에서 계산된 결과를 사용하여 전체 신규 차량의 수에서 각 비율 별로 나누어서 배분된다. 여기서 사용된 주요 변수와 각 변수의 식은 <표 4>와 같다.

<표 4> 유종별 승용차 수 부분의 주요 변수

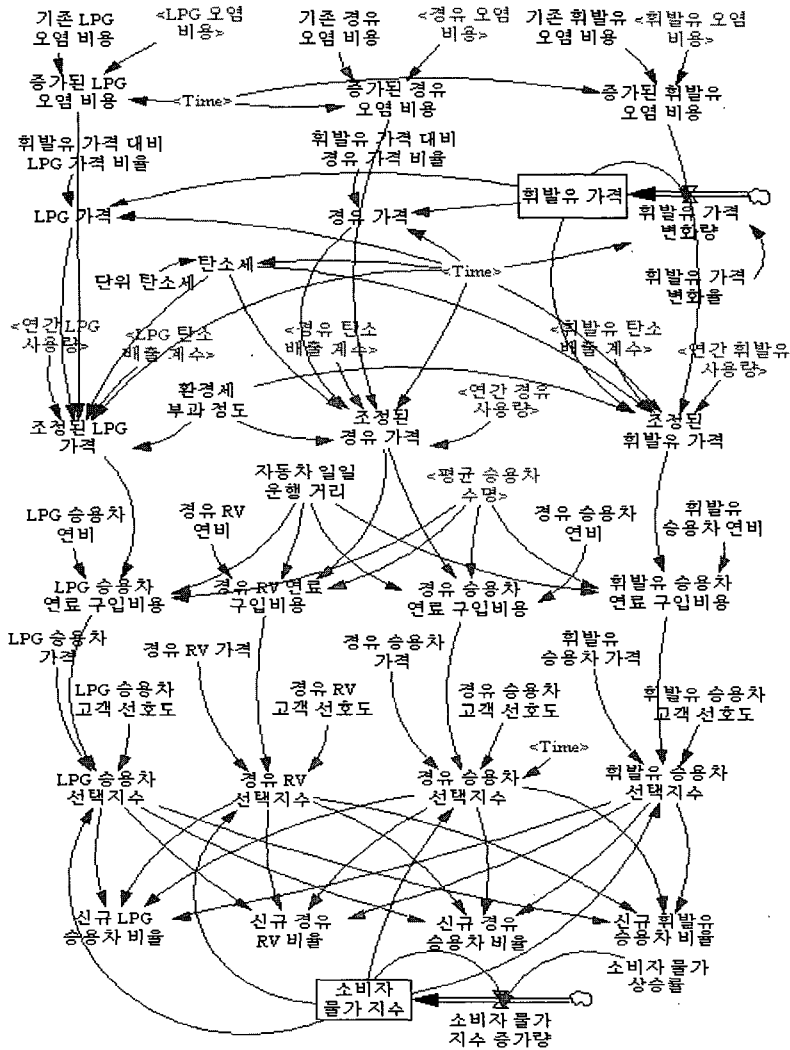
변수	식
신규 승용차 비율	Lookup([(0,0)-(40,0.4)],(1,0.227),(2,0.182),(3,0.16),(4,0.15),(5,0.14),(10,0.11),(15,0.1),(20,0.09))
승용차 증가량	전체 승용차*신규 승용차 비율
전체 승용차	경유 승용차+경유 RV+휘발유 승용차+LPG 승용차
휘발유 승용차 증가량	승용차 증가량*휘발유 승용차 비율
휘발유 승용차	Integ(휘발유 승용차 증가량-휘발유 승용차 감소량, 7.3672e+006)
휘발유 승용차 감소량	휘발유 승용차/평균 자동차 수명
평균 자동차 수명	Integ(자동차 수명 증가, 7.6)

등록차량 증가율은 신규로 추가되는 차량의 수와 폐차되는 차량의 수를 고려하여 계산되었다. 우리나라 자동차의 수명은 2004년 건설

교통부의 조사 자료에 따르면 약 7.6년으로 나타났다. 이것은 선진국의 평균 자동차 수명인 15~17년보다 상당히 낮은 수준이다. 하지만 최근 들어 국산 자동차의 품질이 향상되고 있고, 국민 의식 역시 자동차를 오래 타자는 쪽으로 형성되고 있기 때문에 매년 자동차 수명이 증가하고 있다. 따라서 시뮬레이션에서는 2017년 자동차 수명이 선진국과 비슷한 16.58년이 되도록 자동차 수명이 매년 5% 증가하는 것으로 가정하였다.

3.2 자동차 선택 비율

<그림 2>에 나타난 것처럼 <자동차 선택 비율> 부분에서는 각 차종별 유지비용과 고객 선호도를 바탕으로 차종별 선택 비율이 결정된다. 휘발유 가격을 기준으로 경유가격과 LPG 가격이 결정된다. 이러한 에너지 가격을 바탕으로 차량의 수명 동안 운행하는 거리를 고려하여 각 차종별 에너지 구입비용을 계산한다. 그 다음 차량의 가격과 에너지 가격을



<그림 2> 자동차 선택 비율

합산하여 유지비용을 구하고, 이 유지비용이 저렴할수록, 고객선호도가 높을수록 그 차종이 선택되는 비율이 높아지도록 모델은 구성되어 있다. 사용된 주요 변수와 각 변수의 식은 <표 5>와 같다.

<표 5> 자동차 선택 비율 부분의 주요 변수

변수	식
휘발유 가격	Integ(휘발유 가격 변화량, 1280)
휘발유 가격 변화량	휘발유 가격*휘발유 가격
경유 가격	변화율(Time - 2000) 휘발유 가격*휘발유 가격 대비 경유 가격 비율(Time)/100
탄소세	IF THEN ELSE(Time >= 2013, 단위 탄소세, 0)
증가된 휘발유 오염 비용	휘발유 오염 비용-기존 휘발유 오염 비용(Time)
조정된 휘발유 가격	IF THEN ELSE(Time >= 2013, 휘발유 가격+휘발유 탄소 배출 계수*탄소세+증가된 휘발유 오염 비용*1e+008/연간 휘발유 사용량*환경세 부과 정도, IF THEN ELSE(Time >= 2007, 휘발유 가격+증가된 휘발유 오염 비용*1e+008/연간 휘발유 사용량*환경세 부과 정도, 휘발유 가격))
휘발유 승용차 연료 구입비용	평균 자동차 수명*조정된 휘발유 가격*자동차 일일 운행 거리*365/휘발유 승용차 연비
휘발유 승용차 선택지수	휘발유 승용차 고객 선호도/(휘발유 승용차 연료 구입비용 /10000+휘발유 승용차 가격)
신규 휘발유 승용차 비율	휘발유 승용차 선택지수/(경유 승용차 선택지수+휘발유 승용차 선택지수+LPG 승용차 선택지수)

하루 평균 자동차 운전 거리는 교통안전공단의 자동차 주행거리 보고서에서 인용하였다. 최근 몇 년간의 자료를 보면 평균 53km 정도의 하루 주행거리를 보이고 있다.

최근 계속되고 있는 유가 상승을 고려하여 모델이 반영 하였다. 2004년 이후 연료 가격이 급격히 상승하였기 때문에 이를 반영하여 모델을 만들고, 2005년 이후에는 연평균 3.6%씩 증가한다고 가정하였다. 이 증가율은 소비자 물가 상승률과 같은 값이다. 연료 가격을 상승하도록 모델링하였기 때문에 자동차의 가격 역시 소비자 물가 상승률만큼 매년 증가하는 것으로 모델링하였다.

각 연료별 승용차에 대한 자료들은 자동차 가격, 고객선호도, 연비이다. 자동차 가격과 연비는 현재 시판 중인 자동차들의 정보를 종합하여 구하였다. 하지만 고객선호도는 이러한 데이터가 없었기 때문에 각 유종별 승용차의 현재 시장 점유율을 바탕으로 유도하였다. 휘발유 승용차의 고객선호도를 100%로 하고 이를 기준으로 경유 RV와 LPG 승용차의 고객선호도를 유도하였다. 하지만 경유 승용차는 아직 시판 되지 않았기 때문에 시장점유율 자료도 없어서 고객선호도를 추정하였다. 경유 승용차는 휘발유 승용차보다 연비와 힘은 좋지만 국내 소비자가 선호하는 정숙성이나 승차감 등이 부족하므로, 이를 고려하여 휘발유 승용차의 70% 수준의 고객 선호도를 부여하였다. 하지만 이러한 선호도는 현재의 상황만을 고려하여 설정한 것이므로 향후 디젤엔진의 기술이 발전함에 따라 고객의 선호도가 향상될 수 있을 것이다. <표 6>에 그 값들이 정리되어 있다.

<표 6> 차종별 시물레이션 입력 자료

	연비 (km/ℓ)	자동차가격 (만원)	고객선호도 (%)
휘발유	12	1800	100
경유	18	2000	70
경유(RV)	14	2300	40
LPG	9	1700	18

2013년 제2차 공약기간(2013년~2017년)부터 우리나라도 온실가스 감축 의무부담을 받을 가능성이 상당히 높다고 각계에서 예측하고 있다. 의무부담이 가해졌을 때의 대책 중의 하나인 탄소세가 2013년부터 부과된다고 가정하고 부과금액을 TC(Ton Carbon)당 100000원으로 가정하였다. 탄소세는 환경세가 부과될 때만 부과하여 실험을 진행하였다.

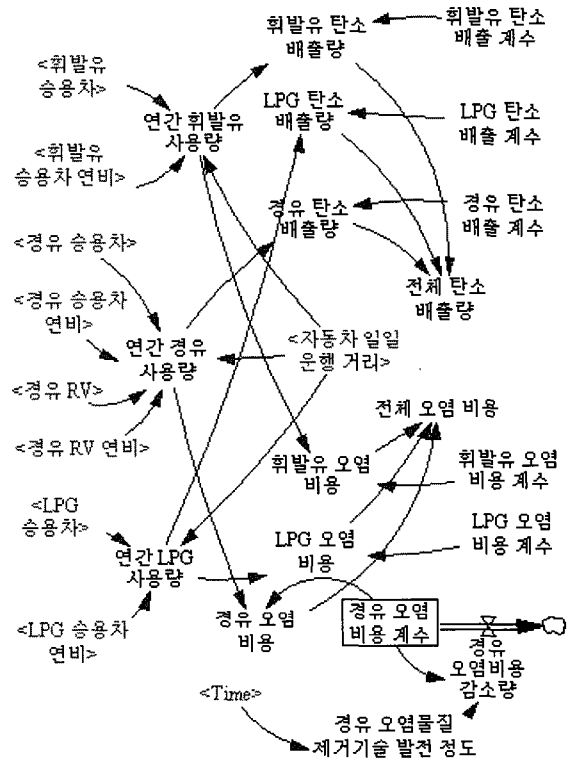
경유 승용차 도입 초기인 2005년과 2006년에는 신차의 종류도 한정되어 있고 국민들의 경유 승용차에 대한 인식도 부족하다고 생각되므로 경유 승용차의 도입효과는 각각 30%와 70%만 고려하여 분석을 수행하였다.

상대적인 차량 운용비용에 의해 차종별 선택 비율이 달라지므로 에너지의 가격과 차량의 가격은 현재 가격이 2017년까지 그대로 유지되는 것으로 하였다. 또한, 휘발유:경유:LPG의 상대 가격비도 2006년 7월까지 100:85:50으로 조정되는 것으로 가정하고 시뮬레이션을 진행하였다.

경유 승용차의 도입으로 발생할 수 있는 문제점을 해결하기 위한 방안으로 환경세라는 개념을 도입하였다. 이는 경유 승용차 판매 허용 이전에 발생하던 환경오염 비용과 경유 승용차 판매 허용 이후 발생하는 환경오염 비용의 차이만큼을 연료의 가격에 반영하는 것이다. 즉 각 연료별 환경오염 비용이 증가하거나 감소하면 그 양만큼을 연료의 가격에 반영하여 연료 가격의 상대적인 비율을 조정하도록 하는 것이다. 이렇게 하면 연료의 가격 구조에 변화가 생겨서 오염 물질의 배출이 많은 연료는 가격이 상승하게 되어 수요가 줄 것이므로 오염 물질의 배출을 억제할 수 있을 것이다.

3.3 탄소 및 오염물질 배출

<그림 3>의 <탄소 및 오염물질 배출> 부분에서는 각 연료별 사용량을 계산한다. 이 값과 각 연료별 탄소배출계수를 곱하여 탄소 배출량을 계산한다. 또한 오염비용계수를 이용하



<그림 3> 탄소 및 오염물질 배출

<표 7> 탄소 및 오염물질 배출 부분의 주요 변수

변수	식
연간 휘발유 사용량	휘발유 승용차*자동차 일일 운행 거리*365/휘발유 승용차 연비
휘발유 탄소 배출량	연간 휘발유 사용량*휘발유 탄소 배출 계수
전체 탄소 배출량	경유 탄소 배출량+휘발유 탄소 배출량+LPG 탄소 배출량
휘발유 오염 비용	연간 휘발유 사용량*휘발유 오염 비용 계수
경유 오염비용 감소량	경유 오염 비용 계수*경유 오염물질 제거기술 발전 정도
경유 오염물질 제거기술 발전 정도	IF THEN ELSE(Time > 2005, 0.03, 0)

여 각 연료별 오염비용을 계산한다. 경유 오염물질 계소는 디젤엔진의 기술 발전에 따라 감소하게 된다. 주요 변수들과 각 변수들의 식은 <표 7>과 같다.

각 연료별 오염물질 배출에 대해서는 오염물질의 양이 아니라 오염물질에 의한 환경 비용을 측정하였다. 이 값은 교통개발연구원에서 추정된 자료를 사용하였다. 각 연료별로 휘발유는 407원/ℓ, 경유는 867원/ℓ, LPG는 208원/ℓ의 환경 비용을 발생시키는 것으로 나타났다.

디젤엔진의 기술 발전은 다양한 기술들의 효과를 포함하고 있다. 하지만 이러한 기술들의 효과를 일일이 계산하기는 힘들기 때문에 전체 기술의 발전 정도만 표현하기로 한다. 디젤엔진 기술의 발전 정도는 경유 오염 비용의 감소로 그 효과가 나타나므로 기술이 발전할수록 경유 오염 비용 계수가 감소하는 것으로 이를 표현하였다. 이 감소량을 3%, 5%, 7%로 달리하여 분석을 실시한다.

3.4 모델의 적합성 검증

시스템 다이내믹스는 모델의 적합성을 검증하기 위해서 실측 데이터를 사용한다. 이 방법은 다른 모델들이 실측 데이터를 사용하여 시물레이션 하는 것과는 다른 방법으로 시스템 다이내믹스의 특징이다. 본 연구에서 사용한 SD모델의 적합성을 검증하기 위하여 2001년 ~ 2004년의 실측 자료와 본 연구에서 사용한 모델의 결과를 비교해 보았다. 그 결과는 <표 8>과 <표 9>에 정리되어 있다.

<표 8>에서는 전체 등록대수의 시물레이션 결과가 나타나 있는데 예측력이 상당히 우수하게 나타나고 있다. <표 9>에 제시된 것처럼 각 차종별 비율의 시물레이션 결과 역시 실제 값과 상당히 유사하게 나타났다. 또한 두 시물레이션 결과 모두 MAPE(Mean Absolute Percentage Error)도 모두 3% 이하로 나타나서 시물레이션이 신뢰성을 가진다고 볼 수 있다.

<표 8> 전체 승용차 등록대수의 예측력

년도	전체 등록대수		MAPE
	실제	예측	
2001	8889327	8888187	0.01282
2002	9737428	9736306	0.01152
2003	10278923	10288226	0.09050
2004	10620557	10706484	0.80906
평균	-		0.23097

<표 9> 유종별 승용차 비율의 예측력

차종	휘발유		경유		LPG	
	실제	예측	실제	예측	실제	예측
2001	0.829	0.829	0.077	0.077	0.095	0.095
2002	0.784	0.779	0.111	0.115	0.106	0.106
2003	0.751	0.747	0.137	0.141	0.111	0.113
2004	0.719	0.724	0.164	0.159	0.117	0.117
MAPE	0.48%		2.27%		0.49%	

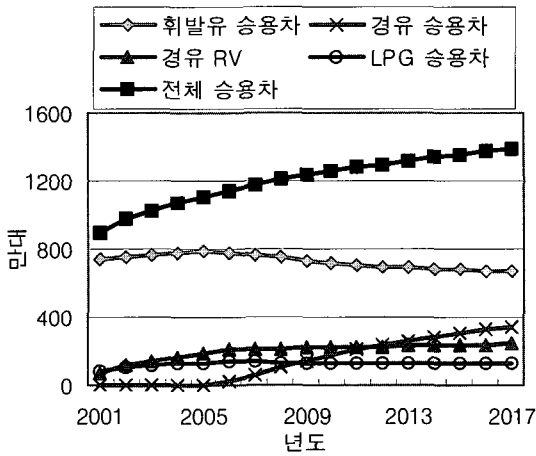
4. 시물레이션 결과 및 분석

시물레이션은 2001년부터 2017년까지 수행하였으며 2001~2004년의 결과는 시물레이션 모델의 적합성을 검증하는데 사용하기 위한 것이고, 실제 예측에는 2005년부터의 데이터가 사용되었다.

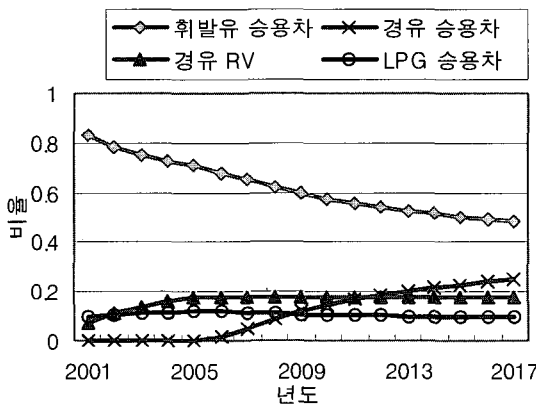
4.1 각 차종별 등록대수 및 비율

우선 각 차종별 등록대수의 변화는 <그림 4>와 같다. 전체 등록차량은 2017년 약 1393만대로 증가하게 된다. 경유 승용차의 등록대수는 경유 승용차의 판매가 2005년 허용된 후 지속적으로 증가하고 있다. 반면 휘발유 승용차는 약간의 감소가 있는 것으로 나타났다. 하지만 전체 승용차 등록대수가 증가하였으므로 전체 승용차 중 휘발유 승용차의 비율은 상당히 크게, 그리고 지속적으로 감소하는 것으로 나타났다. <그림 5>에서 그것을 확인할 수 있

다. 경유 RV와 LPG 승용차의 비율은 현재의 수준을 유지하는 것으로 나타났다.



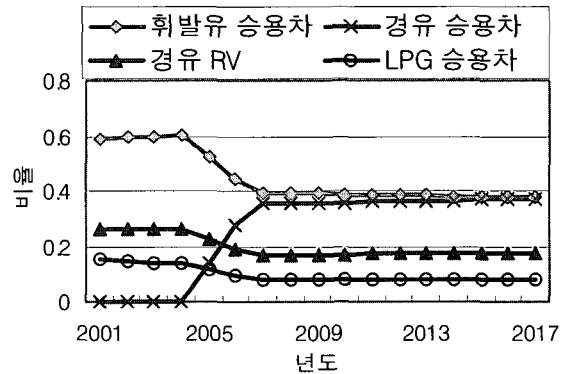
<그림 4> 차종별 등록대수 추이



<그림 5> 승용차 차종별 점유율

<그림 6>에서는 휘발유 자동차, 경유 RV, LPG 승용차의 신규 수요를 경유 승용차가 상당부분 잠식한 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과는 경유 승용차의 유지비가 다른 차종들 보다 상당히 저렴하기 때문인 것으로 보인다. 경유 승용차의 점유율이 시간이 지날수록 휘발유 승용차와 그 비율이 비슷해지는 것으로 나타나서 향후 자동차 시장에 커다란 파급효

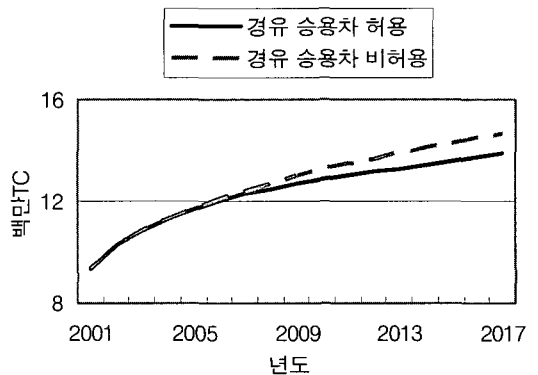
과가 있을 것으로 보인다. 경유 승용차가 판매된 이후 어느 정도 시간이 지나면 전체 승용차의 40% 정도가 경유 차량(경유 승용차, 경유 RV)이 되고, 신규 차량의 경우에는 서유럽 국가들처럼 50% 정도의 점유율을 보이게 되는 것으로 나타났다.



<그림 6> 차종별 신규차량 선택 비율

4.2 탄소 및 오염물질 배출량

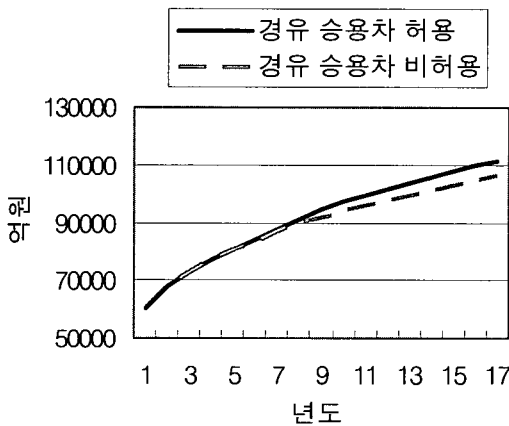
기후변화협약 대응 대책으로써의 경유 승용차 판매 허용의 효과를 보기 위해서 탄소 배출량을 비교해 보았다. 경유 승용차 판매 허용으로 인하여 <그림 7>에서 보듯이 2017년 기준 비율로는 약 5.5%, 양으로는 78만 톤의 탄



<그림 7> 탄소 배출량

소 배출량 저감 효과가 나타났다. 경유 승용차의 높은 연비로 인해 승용차 전체의 연료 소비가 줄어들었기 때문인 것으로 보인다.

반면, 경유 승용차 도입에 따른 환경 비용은 <그림 8>과 같이 비율로는 약 5% 증가하고, 금액으로는 5400억 원 정도 증가하는 것으로 나타났다. 경유 승용차에 부착하는 오염 저감 장치 등의 비용을 고려하면 실제 환경 비용은 더 늘어날 것으로 보인다.



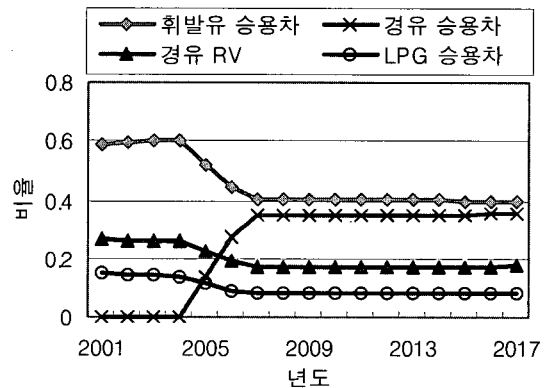
<그림 8> 오염물질에 의한 환경 비용

4.3 환경세가 부과되었을 경우

결과를 비교 분석해 본 결과 경유 승용차의 판매 허용의 의도대로 탄소 배출량은 이전보다 줄어들게 되는 것으로 나타났다. 하지만 반대로 오염 물질의 배출은 증가하게 되기 때문에 이에 대한 대책이 필요하다. 이 문제를 환경세라는 개념을 도입하여 완화해 보고자 한다.

실제로 오염 물질 배출량은 경유 차량의 수가 증가하면 이에 비례하여 늘게 된다. 따라서 오염 물질 배출을 감소시키기 위해서는 경유 차량의 수를 줄일 필요가 있다. 그렇게 하기 위해서는 경유 차량의 수요를 낮추어야 한다. 그 방법으로 환경세를 이용한다. 환경세의 부과 정도는 경유 승용차 판매를 허용하지 않았을 때의 오염 물질 배출량과 경유 승용차 판

매를 허용 했을 때의 오염 물질 배출량을 차이를 이용하여 결정하게 된다. 각 연료 별로 나누어 계산하게 되는데 이 차이는 경유 승용차로 인해 변화한 오염 물질 배출량을 나타낸다. 이 값을 각 연료의 연간 사용량으로 나누어 주면 경유 승용차로 인해 연료 1리터 당 변화한 오염 비용이 얼마인지 알 수 있다. 오염 물질 배출이 증가하였다면 이 값은 양일 것이고, 오염 물질의 배출이 감소하였다면 이 값은 음일 것이다. 이를 각 연료의 가격에 부과하여 연료의 가격을 재조정 한다. 이렇게 되면 각 차종의 수요도 영향을 받을 것이다.



<그림 9> 환경세 부과로 인한 신규 차량 비율

<표 10> 환경세 부과로 인한 연료 가격비의 변화

연료	환경세 없음		환경세 부과	
	가격	상대비	가격	상대비
휘발유	2376	100	2195	100
경유	1810	76.2	2000	91.1
LPG	1437	60.5	1335	60.8

(2017년 기준)

환경세 부과에 따른 각 신규 차종별 비율이 <그림 9>에 나타나 있다. 환경세의 부과로 인하여 휘발유 승용차와 LPG 승용차의 수요가 증가하고 경유 승용차와 경유 RV의 수요가 감소하는 것으로 나타났다. 이러한 감소는 연

료 가격비의 변화로 인한 것이다. 환경세 부과로 인한 연료 가격비의 변화는 <표 10>에 나타나 있다. 휘발유:경유:LPG의 가격비가 기존에는 100:76:61이었는데 환경세가 부과되면 100:91:61로 바뀌는 것으로 나타났다. 이러한 연료 가격비는 산업연구원이나 한국조세연구원 등의 연구 결과와 상당히 비슷하게 나타났다. 연료의 사용으로 인한 환경 비용을 연료 가격에 부과한 효과가 잘 나타나고 있는 것으로 볼 수 있다.

4.4 디젤엔진 기술 발전의 효과

디젤엔진의 기술 발전은 경유로 인한 환경오염 비용을 줄일 수 있는 효과가 있다. 따라서 이러한 기술 발전이 어느 정도의 효과를 가지는지를 민감도 분석을 통하여 확인해보고자 한다.

<표 11> 기술발전에 따른 신규 차량 비율

기술 발전 정도	휘발유 승용차	경유 승용차	경유 RV	LPG 승용차
없음	0.396	0.354	0.166	0.083
3%	0.384	0.364	0.171	0.080
5%	0.377	0.369	0.174	0.079
7%	0.371	0.373	0.176	0.077

(2017년 기준)

<표 12> 기술발전에 따른 연료가격비의 변화(원/L)

기술 발전	휘발유			LPG	
	가격	가격	상대비	가격	상대비
없음	2194	2000	91	1335	61
3%	2188	1762	80	1332	61
5%	2185	1640	75	1330	61
7%	2182	1542	70	1328	61

(2017년 기준)

분석 결과는 <표 11>과 같이 기술이 발전할 수록 경유 차량의 비율이 증가하고 다른

차종의 비율은 감소하는 것으로 나타났다. 경유로 인한 환경오염 비용이 줄어들어 연료 가격을 낮추었기 때문에 풀이된다. 연료 가격의 변화는 <표 12>에 나타난 것처럼 경유의 가격이 기술이 발전하면서 감소하는 것으로 나타났다.

5. 결론 및 향후 과제

본 연구는 경유 승용차의 국내 판매가 허용될 경우의 상황을 기후변화협약 대응 대책의 관점에서 예측해 보았다. 그 결과 승용차로 인한 탄소 배출량이 약 5.4% 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 오염물질 배출로 인한 환경 비용은 5% 정도 증가하는 것으로 예측되었다.

경유 차량의 증가로 인해 발생하는 오염물질 배출량의 증가는 환경세를 도입하여 그 증가량을 줄일 수 있다. 환경세는 경유 승용차의 판매 허용 이전의 오염 물질 배출량을 기준으로 그 증감을 각 연료의 가격에 반영한 것이다. 이를 통하여 경유의 가격을 상승시키고 휘발유와 LPG의 가격은 하락 시켜서 경유 차량으로 수요가 급격하게 이동하는 것을 막을 수 있는 것으로 나타났다. 하지만 기술발전을 반영할 경우에는 환경세로 인한 경유가격의 증가가 상당히 완화되는 것으로 나타났다.

경유 승용차의 내수 판매 허용으로 인한 문제점으로 지적되는 경유 차량에 의한 오염물질 배출 증가는 오염물질 저감 기술이 계속 발전하고 있으므로 향후 지속적인 개선이 있을 것으로 보인다. 또한 디젤 엔진의 특징상 정속성이나 승차감이 휘발유 승용차보다 다소 나쁘지만 이것 역시 기술의 발달로 개선될 것이다. 이러한 단점들이 보완된다면 경유 승용차의 판매 허용은 수송부문에서의 탄소 배출량 저감뿐만 아니라, 디젤 기관의 우수한 연비를 바탕으로 에너지 사용량도 줄일 수 있는 효과를 거둘 것으로 전망된다.

본 연구에서 고객들이 승용차를 선택하는 기준으로 제시한 고객선호도는 실제로는 데이

터의 특성상 그 값을 얻어내기 위해서 설문조사나 시장조사를 통한 분석이 필요하다. 하지만 이번 연구에서는 그러한 분석을 수행하지 않고 현재의 시장 점유율로만 고객선호도를 유도하였다. 보다 정확한 고객선호도를 얻어내어 모델에 반영할 수 있도록 하는 향후 연구가 필요할 것이다.

참고문헌

- [1] 기후변화협약 대책위원회, "기후변화협약 대응 제2차 종합대책 세부추진계획", 2002
- [2] 김도훈, 문태훈, 김동환, 「시스템 다이내믹스」, 1판, 대영문화사, 1999
- [3] 부경진, 「에너지·환경·경제 통합 계량 경제 시뮬레이션 모형에 의한 온실가스 저감 수단의 평가」, 에너지경제연구원, 2002
- [4] 장지호, "경유승용차 판매허용의 정책변동 연구: 옹호연합모형(Advocacy Coalition Framework)의 적용", 「한국행정학보」, 38권, 1호, 2004, Pages 175-196
- [5] 전재완 외, "차량연료 간 걱정 가격 비율", 산업연구원, 2002
- [6] 최병철, "자동차용 디젤엔진 기술의 현황", 「한국동력기계공학회지」, 제6권, 1호, 2002, Pages 12~19
- [7] 한국조세연구원 외, "경유승용차 허용에 따른 에너지 상대가격 조정방안", 월간 재정포럼, 100호, 2004, Pages 83-100
- [8] 황상규 외, "자동차보유대수 추정에 관한 기초연구", 교통개발연구원, 2000
- [9] Sterman, J. D., Business Dynamics, McGraw-Hill, USA, 2000
- [10] Fiddaman, T. S., "Exploring Policy Options with a Behavioral Climate-Economy Model", System Dynamics Review, Volume 18, Issue 2, 2002, Pages 243-267
- [11] Sterman, J. D. and Sweeney, L. B., "Cloudy Skies: Assessing Public Understanding of Global Warming", System Dynamics Review, Volume 18, Issue 2, 2002, Pages 207-240

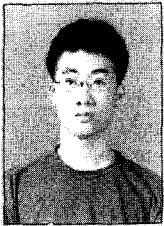
주 작 성 자 : 유 응 섭

논문투고일 : 2005. 06. 27

논문심사일 : 2005. 07. 15(1차), 2005. 10. 25(2차),
2005. 11. 22(3차)

심사판정일 : 2005. 11. 22

● 저자소개 ●



유응섭

2004 연세대학교 공과대학 정보산업공학과 학사
2004 ~ 현재 연세대학교 정보산업공학과 석사과정
관심분야: Energy-Environment-Economy Integrated Simulation,
Meta-Heuristic



박진원

1983 연세대학교 공과대학 화학공학과 학사
1985 연세대학교 공과대학 화학공학과 석사
1990 연세대학교 공과대학 화학공학과 박사
1994 일본 동경공업대학교 화학공학과 박사
1990 ~ 1992 일본 동경공업대학 객원연구원
1992 ~ 1994 일본 동경공업대학 문부교관
1994 ~ 현재 연세대학교 화학공학과 교수
관심분야: Energy-Environment-Economy Integrated Simulation,
화학 흡수법을 이용한 CO₂ 분리법,
Landfill Gas Pretreatment & Utilization



김경섭

1982 연세대학교 공과대학 기계공학과 학사
1986 미국 Nebraska-Lincoln대학교 산업공학과 석사
1993 미국 North Carolina State대학교 산업공학과 박사
1994 ~ 1995 삼성데이타시스템 선임연구원
1995 ~ 현재 연세대학교 정보산업공학과 교수
관심분야: AGV Systems, SCM, Semiconductor Production Systems,
Energy-Environment-Economy Integrated Simulation