

국산승용차의 에너지절약기술

Energy Saving Technology of Korean Passenger Cars

전 홍 신
H. S. Jeon

본 원고는 저자가 1992년 2월 6~8일 한국교통개발연구원 및 UNDP 주최로 열린 “교통부문의 에너지소비 및 대기오염 저감정책”에 관한 국제워크샵에서 발표한 내용임을 밝힙니다.



전 홍 신
 • 1954년 12월생
 • 내연기관의 연료공급 시스템, 연소특성 및 액체 미립화 기구 연구
 • 정회원, 한국에너지기술연구소 기기응용 연구팀

1. 머리말

우리나라의 자동차 공업은 역사가 불과 30년 밖에 되지 않았으나 국가 경제력 향상과 더불어 급신장하여 1990년말 현재는 1,915,000대의 생산능력을 보유한 세계 10대 자동차 생산국으로 발돋움 하였다. 이와 더불어 자동차 보유대수의 기복적인 증가는 전망 수입에 의존하고 있는 석유류 소비 증대 및 현재 심각한 상황에 처해 있는 대도시의 대기 오염의 주 요인으로 떠올라 이에 대한 해결이 증대한 과제가 되고 있다.

본 연구는 “교통부문의 연료소비와 대기오염 저감을 위한 연구”의 일환으로 승용차부문에 있어서 연료소비 절감을 위한 기술을 도출하여, 장래 우리나라 혹은 개발도상국에서의 교통부문의 에너지 소비에 대한 영향을 최소화할 수 있는 정책을 고안 연구하는데 있다.

이를 위하여 우리나라의 과거 30년간의 자동차공업의 성장 과정과 기술개발 과정 및 국산 승용차에 대한 연료소비에 관련된 항목들의 개선사항을 구체적으로 살펴 보고, 그의 연비향상을 위한 차량기술에 대해 조사하여 앞으로 국산승용차에 채택 가능한 기술들을 도출하여 보고 한다.

2. 자동차공업의 현황

2.1 자동차공업의 성장

우리나라의 자동차공업은 1962년 “제1차 경제개발 5개년 계획”의 일환으로 자동차공

업 보호법을 제정 공포하면서부터 시작되어 1969년 자동차공업 육성 기본계획 발표, 1974년 자동차공업 장기진흥계획 확정, 1981년 자동차공업 합리화 조치, 1986년 향후 3년간 사실상의 자동차회사의 설립을 금지하는 자동차공업 발전법 제정, 1987년 자동차산업 자유화 조치 등 정부의 강력한 자동차공업 육성 방안에 힘입어 발전되어 왔다.

표 1에는 과거 10년동안의 우리나라의 자동차의 생산능력과 생산대수의 추이를 나타내었다. 우리나라의 자동차 생산능력은 자동차의 해외 수출이 급증하기 시작한 1984년부터 대량 생산 시스템으로 돌입하게 되었다. 생산 시설에 대한 계속적이며 과감한 투자에 기인하여 1990년에는 생산능력이 190만대에 이르고 1991년에는 213만대에 이르게 되었다. 이를 구체적으로 살펴보면 현대자동차(주)가 112만대, 기아자동차(주)가 51만대, 대우자동차(주)가 37만대, 아세아자동차(주)가 9만대, 쌍용자동차(주)가 4만대의 생산능력을 갖고 있다.

자동차의 생산대수는 1990년말 현재 1,321,630대로서 전년도에 비하여 17%나 증가하였고,

1980년의 생산대수 123,125대와 비교하면 10년동안에 10.7배의 기록적인 증가를 보였으며, 이와같은 증가추세는 앞으로 당분간 계속될 전망이다.

자동차 공업의 발전과 더불어 승용차 및 상용차의 해외수출도 증가하였다. 1976년 현대자동차(주)가 에콰도르에 포니의 첫 수출을 시작으로, 1986년에 현대자동차의 엑셀(수출명: HYUNDAI EXCEL), 1987년 기아자동차의 프라이드(수출명: FORD FESTIVA), 대우자동차의 르망(수출명: PONTIAC LEMANS)이 자동차의 본 고장인 미국시장에 진출하기 시작하였다. 현대자동차의 포니의 1985년 캐나다에 수출하여 단일차종으로 수입차량 판매 1위를, 1986년에는 현대 엑셀이 미국상륙 첫해에 그해 최다 판매를, 1989년에는 엑셀의 해외수출 1백만대 돌파를 기록하는 등 승용차의 국제경쟁력이 강화되어, 1990년말 현재는 전세계 약 100개국에 약 340,000대의 자동차를 해외로 수출하고 있다.(표 2참고)

국가의 경제발전과 더불어 마이카 붐에 편승한 승용차의 증가추세는 많은 차량등록을 가져오게 되었다. 우리나라의 차량 등록대수는 1985년에 최초로 100만대를 돌파하였고, 1988년에는 200만대를 기록하였다. 1990년은 3,395,833대를 등록하므로써 전년도에 비하여 27.7%의 증가를 가져왔고, 300만대를 돌파하였다. 구체적인 내용은 승용차가 2,074,922대로서 전년도에 비하여 33.2%의 증가, 트럭은 936,123대로서 20.4% 증가

표 1 Production Capacity and Production

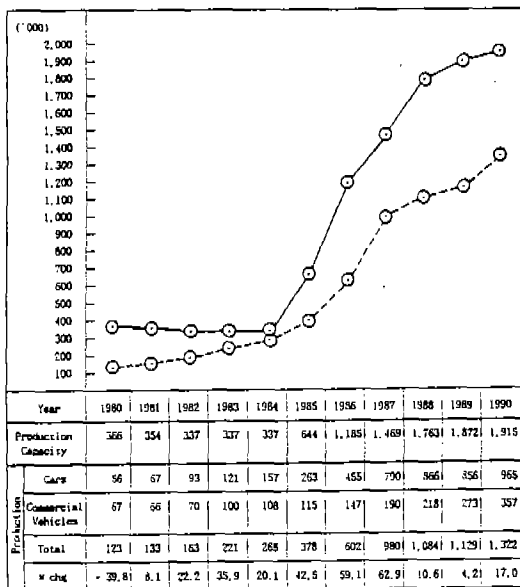


표 2 Export

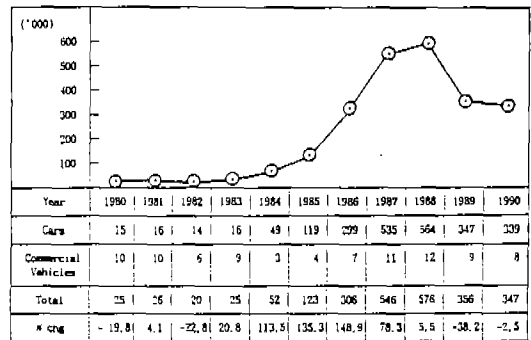
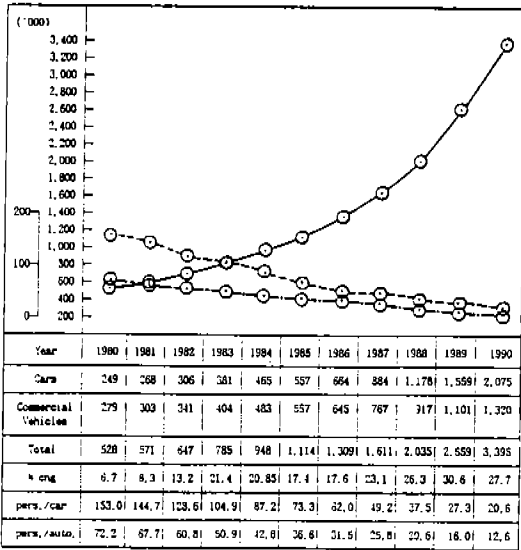


표 3 Registrations and Ownership Ratios



버스는 383,738대로서 13.7%의 증가를 보이고 있다. 1990년말 현재로서 우리나라의 자동차 소유비율은 12.6사람당 1대, 승용차에 대한 소유비율은 20.6사람당 1대를 기록하고 있어 여전히 선진국에 비하여 낮은 수준이다.(표 3 참조)

2.2 자동차공업의 기술 현황

우리나라의 자동차공업이 시작할 당시의 기술수준은 새나라자동차가 일본의 日産자동차로부터 부품을 전량 수입하여 조립 생산하는 정도였다. 1966년에 설립된 신진자동차는 일본의 豊田자동차와 기술제휴하여 국산화를 약 20%의 자동차를 생산하였고, 1967년 아시아자동차는 FIAT와 현대자동차는 FORD와 각각 자본 및 기술을 도입하여 차조립을 시작하였다. 정부의 자동차의 부품 국산화를 위한 국내시장의 보호는 물론 강력한 육성정책에 힘입어, 1976년에 생산된 현대자동차의 포니, 기아자동차의 브리사, 신진자동차의 제미니는 국산화율이 85%에 도달하였다. 1985년 1986년 국산 자동차의 해외수출의 증가 및 1987년 외국차의 수입개방과 더불어 국산 부품의 품질향상은 물론 부품 국산화율이 더욱 향상되어 1990년 현재는 국산화율이 98%에 이르고 있다.

자동차의 심장부인 엔진은 현대가 1985년 1.3L 1.5L ORION ENG.의 개발을 시작으로 국내 승용차 3사가 독자적으로 엔진 개발에 착수하였다. 현대는 그동안의 기술축적을 바탕으로 1991년 국내 최초로 1개의 실린더에 3개의 밸브를 채용한 α-엔진 및 오토A/M를 자체 기술로 성공적으로 개발하여, 머지않아 국내 승용차 3사 모두 자체기술로 개발된 엔진이 장착된 차량이 판매되리라 기대된다. 우리나라의 자동차의 생산기술 수준은 선진국의 수준과 비슷하다고 할 수 있으나 대부분의 국산 차량의 설계기술은 원천적으로 국외에 의존하고 있는 실정이다. 이러한 이유는 대부분의 후발국이나 후발기업의 기술개발의 전략이 기술개발의 위험성과 개발기간의 장기화 등으로 인하여 선진기술을 도입

표 4 International Cooperation

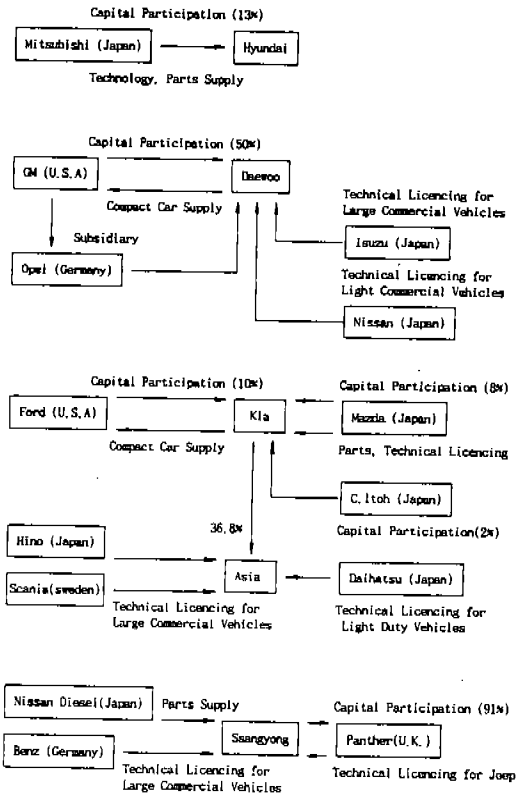


表 5 Passenger Cars

Cars Name	Production Period	Weight (kg)	Displace- ment Volume	Maximum Power ps/rpm	Drive System	Trans- mission	Fuel economy (km/l)	
							60km/h	LA-4
SAENARA(B-BIRD)	62.11-63. 5							
SHINSUNGHO	63.11-64.							
CORONA	66. 5-72.11	1,475	1,587	73.2/5,600	FR	M4		
CROWN S-SALON	67. 5-72. 7	1,990	2,795	89.5/5,000	FR	M4		
PUBLICA	67. 5-71.							
CORTINA	68.11-71. 9	890	1,597	75/5,000	FR	M4		
FORD ZOM	69. 5-73. 6	1,120	1,998	106/5,300	FR	M4	9.9	
FIAT 124	70. 3-73. 4							
NEW CORTINA	71.11-76.12	985	1,597	78/5,700	FR	M4	11.8	
RECORD 1900	72. 8-85.12	1,120	1,897	102/5,400	FR			
CHEVROLET 1700	72. 8-78.10							
BRISA	74.10-81.12	865	1,272	87/6,000	FR	M4		
PONY	75.12-82.12	870	1,238	80/6,300	FR	M4	15	
CAMINA	76. 3-78. 1							
K-303	76.12-81.12	865	1,272	87/6,000	FR	M4		
CORTINA M-IV	77. 3-80.12	1,055	1,593	78/5,700	FR	M4	13	
GEMINI	77.12-81. 3	920	1,492	73/5,400	FR	M4		
GRANADA	78.10-85.12	1,285	1,993	102/5,700	FR	M4	10	
PEUGEOT 604	79. 2-81.12	1,410	2,664	134/5,750	FR	M4		
FIAT 132	79. 4-81.12	1,140	1,995	112/5,600	FR	M5		
REKORD DSL	80. 5-89. 4							
CORTINA M-V	80. 9-83. 5	1,055	1,593	78/5,700	FR	M4		
ROYALE-SALON	80. 9-	1,240	1,979	119/6,000	FR	M4		
PONY2	82. 1-90. 1	910	1,439	92/6,300	FR	M4	17.3	(11.0)
MAEPSY XQ	82. 3-89. 2	920	1,492	85/5,400	FR	M4	16.3	
ROYALE-DUKE	82. 8-89. 3	1,110	1,498	89/5,500	FR	M4		
STELLAR 1.6	83. 7-	1,010	1,597	100/6,300	FR	M4	10.6	
ROYALE-PRINCE	83. 7-	1,120	1,488	89/5,500	FR	M4	22.4	12.03
PONY-EXCEL 1.5	85. 2-89. 3	880	1,468	87/5,500	FF	M5	23.7	(14.1)
PRESTO ETR	85. 7-89. 3	930	1,468	87/5,500	FF	M5	24.2	15.28
SONATA 2.0	85.10-87.12	1,225	1,795	100/5,500	FF	M5	23	11.57
LEMANS	86. 7-	910	1,498	89/5,500	FF	M4	25	14.12
GRANDEUR	86. 7-	1,390	1,997	120/5,000	FF	M5	15.2	10.04
EXCEL SPORTY	86. 9-89. 3	910	1,468	87/5,500	FF	M5		14.2
LEMANS RACER	86.10-	895	1,498	77/5,400	FF	M5		
PRIDE	87. 2-	750	1,323	69/5,500	FF	M5	27.7	16.79
CONCORD	87.12-	1,140	1,789	95/5,000	FF	M5	21	12.87
LEMANS PENTA-5	88. 3-	920	1,498	77/5,400	FF	M4		
NEW SONATA	88. 6-	1,235	1,997	111/5,000	FF	M5	21.8	12.14
IMPERIAL	89. 2-	1,445	2,969	156/5,500	FR	A4	13	8.06
CAPITAL	89. 3-	990	1,498	95/6,000	FF	M5	22.5	14.33
NEW EXCEL	89. 4-	945	1,468	86/5,000	FF	M5	24.4	16.32
SCOUPE	90. 2-	965	1,468	97/5,500	FF	M5	26	15.4
ESPERO	90. 9-	1,090	1,998	100/5,400	FF	M5	19.8	13.5
ELANTRA	90.10-	1,025	1,468	90/5,500	FF	M5	23.6	15.36
PRIDE B(4DR)	90.11-	855	1,323	73/5,500	FF	M5	28	16.87

하여 모방, 개선하는 전략을 일반적으로 취하고 있기 때문이라고 사료된다.

1991년말 현재 한국에 4류 자동차 제조회사는 현대, 기아(아시아 포함), 대우, 쌍룡 등 4개 기업이 있다. 이들 기업중 현대, 기아, 대우는 모두 해외 자동차업체와의 합작회사로서 기술 도입을 받고 있는 실정이다. 표 4에 도식적으로 국내 자동차업계 4개회사의 국제 협력관계를 나타내었다. 현대는 국내기업으로 시작하였으나 일본 三菱자동차와 기술 협력관계로 시작하여 三菱와 합작회사가 되었다. 기아도 일본의 松田자동차, 미국의 FORD자동차의 3사 합작회사로서 松田의 제품기술과 FORD의 마케팅 능력, 그리고 기아의 생산능력을 한데 묶는 3사 협력 사업체계를 유지하고 있다. 대우도 미국 GM과 합작회사로서 일본의 ISUZU, 日産자동차로부터 트럭제조 기술을, 독일 OPEL로부터 승용차기술을 도입하고 있다. 그의 아시아자동차는 대형승용차는 일본의 日野와 스웨덴의 SCANIA로부터, 경차량에 대해서는 일본의 DAIHATSU로부터 기술을 도입하고 있고, 쌍룡은 日産, 독일의 BENZ로부터 기술을 도입하고 있다.

표 5에는 1962년부터 생산된 국산승용차 및 최초 생산된 차종의 제원을 정리하여 놓았다. 우리나라에서 본격적으로 자동차가 생산되기 시작한 것은 1970년대부터이고 그후 1990년까지 현대, 기아, 대우 등 국내 3대 승용차 메이커들이 생산한 승용차의 차종은 모두 43개 모델에 이른다. 생산이 중단된 19개 모델 가운데 제품 수명주기가 가장 길었던 승용차는 현대의 포니로서(포니 I, 포니 II), 14년 동안 모델변경 없이 장수를 누렸다. 1976년에 첫선을 보인 포니승용차는 판매 초기부터 인기를 끌어 우리나라 소형승용차의 대명사처럼 불리면서 '83년에 외형만 변경된채 1989년까지 꾸준히 판매됐다. 포니 다음으로 수명주기가 길었던 승용차는 대우의 레코드로알승용차로서 11년동안 판매가 되었다. 엔진배기량이 1900cc 급인 이 승용차는 현대의 쏘나타가 등장하기 전까지 중형차 시장을 석권하여 소형은 현대, 중형은 대우라는 이미지를

심어 줬었다.

1991년말 현재 국산승용차는 총 19차종이 판매되고 있으며, 배기량은 800cc 급부터 3000cc 까지이다. 표 5에는 중형(배기량이 1500cc) 이상의 승용차는 주로 수동변속기만을 표시하였지만, 대부분의 중형 이상의 승용차는 자동변속기를 부착한 차량도 생산 판매되고 있다. 기아의 캐피탈(1500cc), 현대의 엘란트라(1600cc), 기아의 캐피탈(1500cc)은 DOHC 엔진을 탑재한 차량도 판매되고 있다.

3. 국산승용차의 연료소비를

3.1 연료소비를 평가방법

승용차의 연료소비율(연비)은 일반적으로 연료소비량에 대한 주행거리 혹은 100km 주행시의 연료소비량(km/l, mile/gallon(MPG), l/100km) 등으로 표기하고 있다. 연비의 평가방법에는 주행패턴 연비와 정지주행 연비로 구별할 수 있다. 주행패턴 연비란 규정된 차속-시간선도(예를들면 LA-4 Mode, TOKYO-10 Mode, ECE No.15 Mode, SEOUL-14 Mode 등)를 추적하여 가속, 정속, 감속, 아이들링 등의 운전형태를 클러치 및 기어 변속 등의 조작으로 운전했을 때의 연료소비율을 의미한다. 정지 주행연비란 건조한 수평 직선 포장로를 일정한 차속(예를들면 60km/h, 90 km/h, 120 km/h 등)으로 주행할 때의 연비를 말한다.

국산승용차에 대한 연료소비율은 1987년 이전까지는 공식적으로 채택되지 못하였고, 자동차 배출가스 측정용으로 동경 10-Mode 법을 채택하여 사용하고 있었기 때문에 10-Mode 연비 혹은 정속주행시(60km/h)의 연비를 자동차메이커에서 자체적으로 측정하였으나, 1987년부터 환경청 고시에 의하여 모든 국산 승용차량은 LA-4 Mode로서 연료소비율 및 배기가스를 측정하고, 연료소비율은 차량 판매시에 공포하도록 하고 있다. 1985년 한국에너지기술연구소(구 한국동력자원연구소)에서 우리나라의 서울시까지 교통흐름을 모의한 서울-14 모드를 개발하였으나 국가공인 연

비 평가방법으로 채택되지 못하였다. 해외 각 국별 연비 평가방법(공인연비)을 표 6에 나타내었다. 각각의 주행패턴은 그림 1, 2, 3, 4 및 5에 도시하였다. 표 7에 각 주행모드의 특성치를 비교하여 놓았다.

표 6 해외 각 국별 연비 평가방법

국명	주행패턴	표시방법
한국	LA-4 Mode	km/l
미국	LA-4 Mode +HWFET	MPG
일본	10 Mode +60 km/h 정지연비	km/l
유럽	ECE No.15 Mode + 90 km/h, 120km/h 정지연비	l/100km

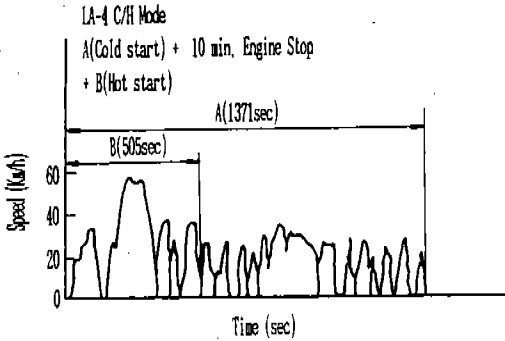


그림 1 LA-4 Mode

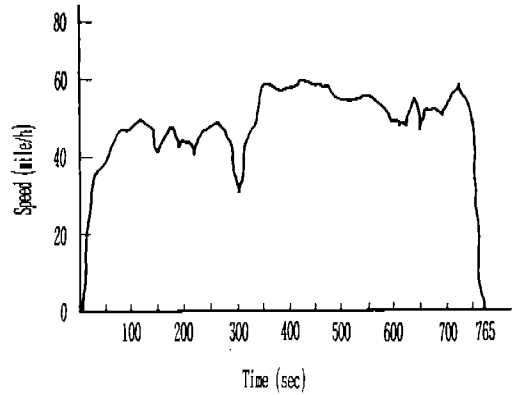


그림 2 HWFET

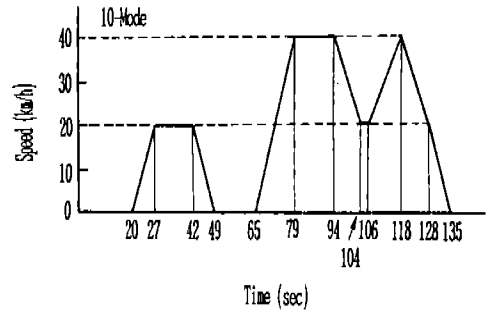


그림 3 TOKYO-10 Mode

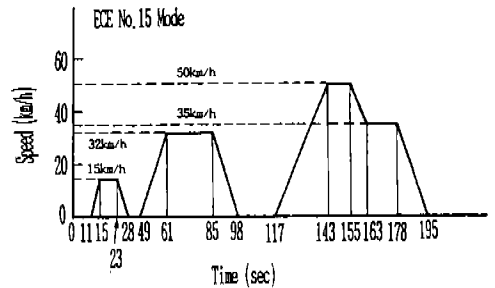


그림 4 ECE No.15 Mode

표 7 각 주행모드의 특성치

항 목 / 모 드	LA-4	HWFET	10 Mode	ECE No.15	SEOUL-14
최 고 속 도 (km/h)	90.7	96.4	40	50	72.1
평 균 속 도 (km/h)	31.3	77.8	17.7	18.8	30.1
주행거리 (km)	18.6		3.32	4.052	11.94
주행시간 (sec)	1,876	765	135	195	1,427
측정회수 (회)	1	1	5	4	1
비 고	LA시가지 주행패턴	미국Highway 주행패턴	동경시가지 주행패턴	유럽시가지 주행패턴	서울시가지 주행패턴

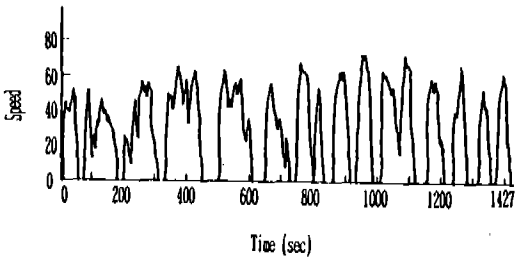


그림 5 SEOUL-14 Mode

3. 2 연비 향상 감도계수

차량의 주행연비를 좌우하는 요인을 미소 변화시켰을 때 각 요인의 변화량에 대한 연비향상율을 그 요인의 연비 향상에 관한 감도계수라 말한다. 일반 승용차를 대상으로 각 요소의 감도계수를 산출한 예를 표 8에 나타내었다. 표 8의 항목중 EPA Combined 연비는 시가지 주행연비(LA-4 Mode)와 고속도로 주행연비(HWFET)를 조화평균한 것으로서 다음 식으로 계산된 것이다.

EPA Combined [MPG]

$$= \frac{1}{\frac{0.55}{\text{LA-4 Mode 연비}} + \frac{0.45}{\text{HWFET 연비}}}$$

표 8 연비향상에 관한 각 요소의 감도계수

	조 건		EPA (Combined)	TOKYO-10 Mode	정 지 주 행		
	중 량	가속보정			60 km/h	90 km/h	120 km/h
경 량 화	동관중	X	0.16	0.08	0.22	0.20	0.18
		O	0.68	0.62	0.80	0.78	0.58
	중량에 비례한 관성중량	X	0.28	0.23	0.22	0.20	0.18
		O	0.78	0.74	0.80	0.78	0.58
공기저항		X	0.21	0.02	0.23	0.49	0.68
		O	0.28	0.12	0.35	0.60	0.78
구름저항	중량고정	X	0.16	0.08	0.22	0.20	0.19
Dif. 감속비		X	0.52	0.52	0.67	0.46	0.27
전달효율		X	0.52	0.35	0.51	0.69	0.98

일반적으로 차량중량의 경감에 의한 감도계수는 가속시의 관성중량이 차량중량의 경감에 비례해서 감소하므로, 이경우의 감도 계수는 EPA Combined의 경우에는 0.28, 10모드의 경우에 0.23, 정지주행의 경우에는 차속의 증가에 따라 조금씩 작아지는 경향이 있으나 0.2 내외로 모든 주행에 있어서 0.2~0.3 범위 내에 있음을 알 수 있다.

차체의 경량화는 중량경감 자체만을 고려한 경우의 감도계수는 0.16 이지만, 관성중량의 비례적인 감소까지 포함시키는 경우에는 0.28로 효과가 커진다. 또한 중량경감과 함께 최종 감속비를 변경하여 최고속의 가속성능을 동일하게 유지하는 경우에는 관성중량의 감소를 포함하지 않은 경우에는 0.68, 포함하는 경우에는 0.78로 그 효과가 대폭상승된다.

공기저항의 영향은 차속에 따라 크게 다르며, EPA Combined 연비는 감도계수가 0.21이지만, 10-Mode의 경우에는 평균차속이 낮아 감도계수는 거의 기대할 수 없는 낮은 0.02의 값을 취하고 있다. 정지주행의 경우에는 차속의 증가와 함께 크게 상승되어 60km/h의 경우 0.23에서 120km/h의 경우 0.68로 상승된다.

전동저항의 감소는 동일 관성중량 내에서의

표 9 각부의 에너지 소비량

단위 : Mega Joule

		폭스바겐 레빗		포드 웨아몬드	
		LA-4	HWFET	LA-4	HWFET
주행저항	공기저항	1.33(27)	4.34(56)	1.58(25)	5.13(52)
	타이어의 전동저항	1.94(39)	2.69(34)	2.66(41)	3.67(38)
구동계 손실	Differential Gear	0.20 (4)	0.31 (4)	0.26 (4)	0.39 (4)
	Transmission (4단 Manual)	0.15 (3)	0.16 (2)	0.22 (3)	0.20 (2)
	Clutch의 미끄럼	0.03 (1)	- (-)	0.09 (1)	0.01 (-)
제동 손실	Brake	1.26(26)	0.29 (4)	1.64(26)	0.43 (4)
합	계	4.91(100%)	7.79(100%)	6.45(100%)	9.83(100%)

중량변화의 경우와 거의 동일한 효과가 있다. 그러나 전동저항은 타이어와 구동계 저항의 합이기 때문에 타이어만의 전동저항의 감소분은 실제로 표 8에 기술한 값의 50~80%로 낮아진다. 특히 최종감속비를 낮추는 경우에는 동일차속에 있어서 엔진회전수가 낮아져 동연비율이 양호한 지역으로 이동되므로 연비저감에 현저한 효과가 있다.

폭스바겐 레빗(1715cc, 922kg), 포드 웨아몬드(2301cc, 1235kg)를 시가지 주행 모드(LA-4) 및 고속도로 주행모드(HWFET)로 주행시의 에너지 소비율 및 소비비율을 표 9에 나타내었다. 주행시의 요인별 손실비율을 분석해 보면 표에서 알 수 있는 바와 같이 에너지의 대부분은 차량의 주행저항을 극복하는데 소비되는 것을 알 수 있고, 그다음으로 제동손실, 구동계 손실순으로 되어 있다. 시가지 주행모드와 같이 평균 차속이 낮은 상황에서는 주행저항에 있어서 타이어의 전동저항이 공기저항에 비하여 크게 소비되고 있으나 고속에서는 공기저항이 대폭적으로 증가하여 타이어의 전동저항보다 훨씬 큰 값을 취하고 있다. 공기저항은 차속의 제곱에 비례하여 증가하기 때문에 고속영역에서는 연비개선을 위하여 공기저항의 저감이 필수적인 요인이 되고 있다.

3.3 국산승용차의 연료소비율

그림 6은 표 5에 정리한 1960년부터 1991년까지 생산된 국산승용차의 60km/h의 정속

주행시의 연료소비율을 차량공차중량에 대하여 도시하였다. 연료소비율은 각 차종이 최초 생산된 년도를 기준으로 3구획으로 분류하여 정리하였다. 첫번째 구획은 1960년부터 1975년까지, 두번째 구획은 1976년부터 1984년까지 세번째 구획은 1985년부터 1991년까지 생산된 차량이다. 국산승용차의 연료소비율은 그림 6에서 명확히 알 수 있듯이 점차 향상된 것을 보이고 있다. 일례로 1971년에 최초로 생산된 현대의 NEW CORTINA(공차중량 985kg, 배기량 1597cc)의 60km/h 정속주행시의 연비는 11.8km/1이나, 1989년 생산된 기아의 CAPITAL(공차중량 990kg, 배기량 1498cc)의 연비는 22.5km/1로서 90.7%의 향상을 가져온 것을 알 수 있다.

시가지 주행연비(LA-4 Mode)로 측정된 국산 승용차의 연비를 그림 7에 나타내었다. 이 경우에 있어서도 승용차량이 최초로 생산된 년도를 기준으로 3구획으로 나누어 표시하였는데, 역시 동급의 승용차(공차중량의 범위가 같은 구획)를 비교할 시에 최근에 생산된 차종일수록 연비가 개선된 것을 보이고 있다.

국산 승용차의 연료소비율은 국외의 차종에 비교하면 우수한 편이다. 예를들면 1988년도에 미국에서 수입된 차종중에서 기아자동차의 프라이드(수출명: Ford Festiva)의 연비는 4위에 랭크되어 있다. 그외 미국에 수출되고 있는 현대자동차의 엑셀 및 대우자동차의 르망(수출명: Pontiac Lemans)의 연비도 동일 중량의 차량과 비교시 우수한 편이며, 미국의

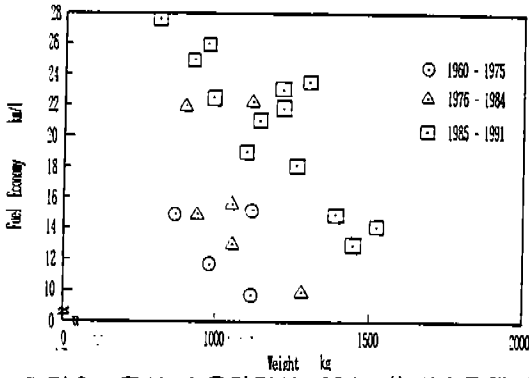


그림 6 국산 승용차량의 60 km/h 정속주행시의 연료소비율

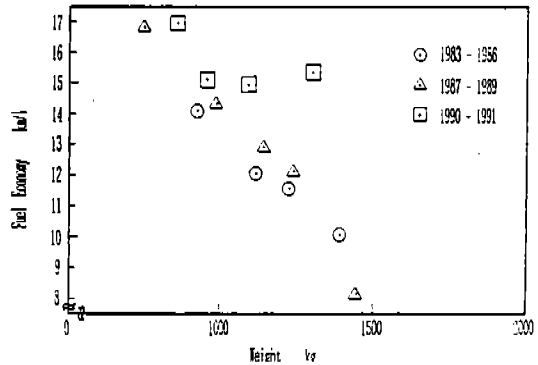


그림 7 국산 승용차량의 LA-4 모드의 연료소비율

표 10 미국 승용차의 CAFE (GVW < 6,000lb)

년 도	'78	'79	'80	'81	'82	'83	'84	'85	'86	'87	'88	'89	'90
평균연비 (mpg)	18	19	20	22	24	26	27.5	27.5	26	26	26	27.5	28.5
연비향상율 (%)	-	5	11	22	33	44	50	53	44	44	44	53	58

표 11 국산 승용차의 대표적인 연비 개량기술

	기 술 내 용	채 용 기 술
주행효율의 개선	1. 차체의 경량화	- 전륜구동방식 채용 - 경량재료 및 고장력강판 채택 확대 - 구조의 합리화
	2. 주행저항의 저감	- 공기저항계수의 저감 - 타이어에 의한 전동저항의 저감
	3. 동력전달장치의 개선	- 변속기의 다단화 - 기어비의 최적화 - 변속비폭의 광역화 - Over Drive 4단, 5단 Mission 채용 - Torque Converter의 직결화 개선 - ELC 4단 Auto Transmission 채용
엔진의 고성능화	4. 열효율의 향상 (엔진의 개발)	- 연소방식의 개선 - 압축비의 향상 - 흡배기관의 개선 - 다밸브화의 채용 - 전자제어 연료분사 시스템 채용 - 냉각손실의 저감
	5. 마찰손실의 저감	- 가공성 향상 - 보기류의 구동손실 저감 - 윤활유의 개선
	6. 전자제어에 의한 최적화	- 전자제어 연료분사시스템 채용 - 연비절약 가이드시스템 채용 - 전자제어 서스펜션 채용

연비 규제치(기업 평균연비 : CAFE)를 훨씬 상회하고 있다. 표 10에 1978년 이후 계속 적용하고 있는 승용차의 기업평균연비(CAFE)를 나타내었다.

국산 승용차량의 연비향상 요인을 살펴보면 차체 모델 변경으로 인하여 전반적으로 연비에 관련된 기술함목들이 향상 혹은 신기술이 채용된 것을 알 수 있다. 이것은 주행효율의 개선과 엔진의 고성능화로 집약될 수 있는데 이를 구체적으로 살펴보면 차체의 경량화, 주행저항의 저감, 변속기의 개량, 연소효율의 개선, 전자제어 연료분사시스템의 도입, 가공성 향상, 마찰손실 및 보기류의 구동손실 저감, 래디알 타이어의 채용능력으로 분석되었다. 표 11에 국산승용차의 대표적인 연비 개량기술을 정리하여 놓았으며 구체적인 설명은 4장 연비 향상기술에서 자세히 기술하기로 한다.

4. 연비 향상기술

4.1 차체의 경량화

자동차가 주행하는데 필요한 힘의 대부분은 차량의 관성중량과 전동저항을 극복하는데 활용되고, 이것들은 차량중량과 직접적인 함수이므로 차량중량을 저감시키는 것은 차량의 연비개선에 큰 효과를 가져오게 된다.

국산승용차는 차체의 경량화를 위하여 전륜 구동방식의 채용 및 알루미늄, 플라스틱 등 경량재료와 고장력강관의 채용확대 및 구조의 합리화 방법을 꾀하는 등 이 분야에 있어서 많은 개선을 가져왔다.

전륜구동 방식(FF: Front engine front drive system)은 엔진, 트랜스미션 및 drive shaft 등 power train system을 전륜쪽에 집중시켜 전륜이 구동륜이 되어 후륜을 끌고 가는 방식으로서, 우리나라에서는 1985년 현대의 포니엑셀 차종을 시작으로 국산 소형 및 중형 승용차는 전부 채용되고 있으며, 최근에는 차체가 큰 대형차(예를들면 그랜저, 소나타)에 까지 채용이 확대되고 있다(표 5 참조). 포니엑셀은 1975년에 생산된 포니시리

즈의 후속 차량으로서 FF의 채용으로 dash panel의 전방 이동 및 drive shaft, rear axle differential housing의 삭제에 따른 floor tunnel의 축소를 꾀하고 있다(그림 8 참조). 국산 소형 승용차는 FF방식의 채택에 의하여 차체를 보다 작은 소형으로 하기 보다는 실내 거주공간의 확장을 꾀하고 있다(표 12 참조). 그러나 중형승용차들은 구동방식을 전륜구동방식으로 취하여도 직접적으로 차체중량의 저감이 보여지지 않고 있다. 이것은 전반적으로 국산 중형승용차가 중량이 적은 이유도 있지만, 우리나라 내수시장이 차체가 큰 것을 요구하고 있기 때문에 중량 저감 효과는 보이지 않고 있다. 그러나 대형승용차는 상당히 중량저감을 가져온 것을 알 수 있다. 1967년에 생산된 크라운 슈퍼살롱(배기량 2,798cc)의 중량은 1,990kg이었던 것이, 1991년의 그랜저(배기량 2,972cc)의 중량은 1,520kg으로서 상당한 쪽의 중량경감을 가져온 것을 알 수 있다. 그림 9에 국산 승용차의 배기량에 대한 공차량과의 관계를 도시하였다.

그외 각사별 경량화를 꾀한 구체적인 내용은 다음과 같다.

현대자동차 : DAD/CAE를 이용하여 경량, 고강성의 최적 Body설계, Alternator의 소

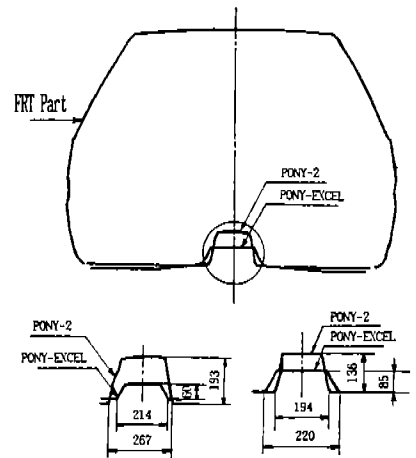


그림 8 FF식에 의한 구조변경

형경량화, 알루미늄 휠 및 라디에이터 적용, 고장력강판 채용확대, Steering Gear와 Lin-kage는 소형, 경량의 Rack Ponion식 채용, 각종 보기류의 소형경량화 및 최적 배치로 구조의 합리화를 꾀함.

기아자동차:一體式 Monocoque-Body의 구조로서 많은 부위에 고장력강판 채용, 알루미늄 휠 사용, Transaxle-One Rail의 2축으로 경량화, Oil Pump를 내장차차형으로 바꾸고 Pump 자체를 Crank Shaft에 직결함으로서 Oil Pump Drive Pully(or Sproket)를 제거하여 소형화 및 중량경감, Cylinder 사이에 Gagger를 채용하고, Cylinder를 Half Skirt 하여 소형화 및 중량경감, Single Core의 Radiator를 적용하여 경량화를 꾀함.

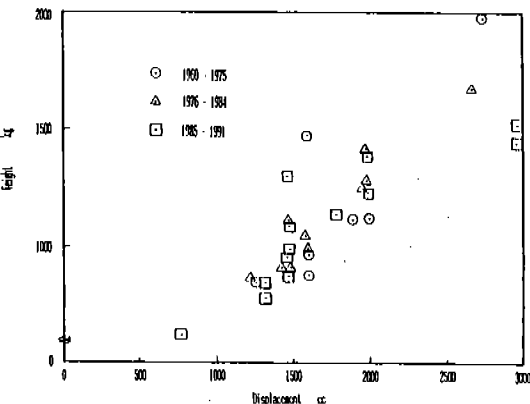


그림 9 배기량과 공차중량

표 12 FF채용으로 인한 차량 크기 및 중량 비교

	Pony-sedan	Pony Excel
구동방식	FR	FF
공차중량(kg)	870	860
전 장(mm)	3,970	3,985
전 폭(mm)	1,558	1,595
전 고(mm)	1,360	1,380
실 내 장(mm)	1,695	1,825
실 내 폭(mm)	1,336	1,325
실 내 고(mm)	1,090	1,135
배 기 량(cc)	1,238	1,298
최 초 생 산 년 월	1975. 12	1985. 2

대우자동차: CAD/CAE를 사용하여 컴퓨터 시뮬레이션에 의한 차체 구조의 최적 설계, Alloy Wheel 채용, 실린더와 실린더 사이의 Water Jacket을 제거한 Siamesed Type의 실린더 블록을 사용하여 소형 경량화, 알루미늄 실린더헤드 및 흡기관 사용으로 중량경감.

4.2 주행저항의 저감

1) 차체의 공기저항

최근 국산 승용차는 전단부는 낮고 경사지게 하며(Full Slant Nose), 후단부위는 높고 직선적이며, 각 부위는 Flush Surface 화하며 마찰과 와류로 인한 공기저항을 적게 받도록 설계하고 있다. 구체적으로는 전단부(Front End)설계, A-Pillar(Front Roof Support)설계 및 후단부(Rear End)설계의 최적화를 꾀하고, 그의 부착물(Wiper, Mirror)에 대해서도 최대한 공기저항을 줄일 수 있도록 하였다. 이러한 노력으로 1990년 9월부터 시판된 대우자동차의 에스페로 차종의 공기 저항계수는 $C_d=0.29$ 로서 1970년대 생산된 차종의 공기저항계수($C_d=0.4$)보다 0.1 이상의 개선효과를 가져왔다.

공기저항계수의 저감으로 얻을 수 있는 연비의 향상치는 공기저항계수 C_d 를 0.5에서 0.3으로 감소시킬 때 LA-4 Mode 시가지 주행의 경우에는 6%, 고속도로 주행에는 22%의 연비개선을 이룰 수 있다고 보고하고 있다.

이하 국산 승용차의 공기저항을 저감시키기 위하여 채용된 구체적인 기술은 다음과 같다.

- Full-Slant Nose (전 차종)
- 고속주행시 차체부상 방지를 위한 Air Dam설치(전 차종)
- Aero-Shape Compact Mirror(전 차종)
- Concealed Center Pillar (포니엑셀, 그랜저)
- Wedge 형의 기본형상에 Wraparound type의 외관처리(포니엑셀, 소나타)
- 전방부위가 Forming 처리된 Side Sill Moulding (소나타)
- Wind Shield의 Direct Glazing 공법 처리(그랜저, 소나타)

- Full - Concealed Type 의 Wind Shield Wiper 채용(그랜저)
- Rear Spoiler 설치(스쿠프, 프라이드 - β)
- Blister Fender 채용(스쿠프, 프라이드)
- Mohigan Type 의 Roof (프라이드)
- Duck - Tail (포니엑셀, 프라이드, 캐피탈, 콩코드)
- Semi - Concealed Wiper design (포니엑셀, 에스페로, 임페리얼)
- Pillar 내장형 Side Glass 및 Wrapa - round Type 의 Green House Rear Glass 등의 채택(에스페로)
- Front End Panel 의 No Grille 설계(에스페로)
- R-Rim의 범퍼채용(뉴프린스)

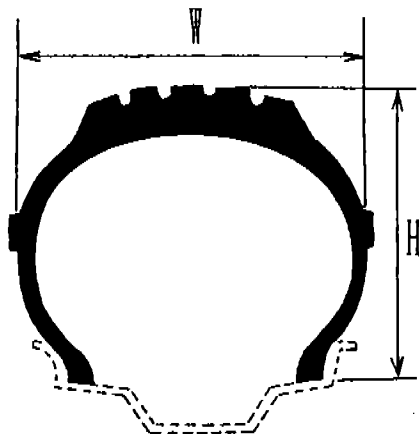
2) 타이어에 의한 전동저항

시가지주행시(LA-4 Mode)의 전동저항은 전 에너지 소비량의 40%인 것을 보이고 있다. (표 9 참조). 타이어에서 에너지손실은 타이어 자체의 공기저항, 타이어와 도로면간의 슬립(Slip) 및 타이어의 변형에 의한 히스테리시스 손실(반복변형에 의한 손실) 등 3 가지로 구분할 수 있으며, 이 중에서 타이어의 반복변형에 의한 손실이 전손실의 거의 전부(90% 이상)를 차지하고 있다. 타이어의 히스테리시스 손실은 최종적으로 열로써 타이어의 온도를 상승시키며 결국에는 외부로 열을 방출시킨다. 따라서 자동차의 전동저항의 감소 및 내구성을 향상시키기 위하여 많은 노력을 기울이고 있으며, 특히 타이어의 변형(TREAD BLOCK의 변형)을 줄이기 위한 구조 및 재질을 개선시키는 연구에 중점을 두고 있다.

현재 모든 국산 승용차는 래디알 타이어를 장착하고 있으며 더우기 광폭타이어를 채용하는 승용차도 증가하고 있다. 래디알 타이어는 종래의 바이아스 타이어보다 구조 및 강성이 우수하여 TREAD부의 변형이 적고 변형에 대한 복원력의 속도도 빨라 히스테리시스 로스의 발생이 적다. 이 때문에 일반주행시 바이아스 타이어와 비교해 보면 승용차용의 경우 10~20%, 버스 및 트럭용의 경우는 20~30%의 전동저항의 손실을 저감시킬 수 있어

연비를 개선시킬 수 있다.

현대의 스쿠프차량은 초고속 60시리즈 광폭 래디알타이어(185/160HR14)를, 에스페로는 65시리즈의 광폭타이어(185/65SR14)를 채용하고 있는데 이것은 고속주행용으로 개발된 타이어로서 타이어의 단면폭은 1백으로 하였을 때 높이가 60이나, 65이나에 따라 60시리즈, 65시리즈로 불리운다(그림 10참조). 이와같은 저편형비의 타이어들은 차량이 고속주행시 원주방향의 강성도 높아지고 원심력의 영향도 작게 되어 TREAD부분의 히스테리시스손실과 마찰손실을 저감시킬 수 있고 구동력 및 제동력의 전달효율의 증대로 안정성은 물론 연비개선을 이룰 수 있다.



$$\text{편평비} = \frac{\text{단면높이}(H)}{\text{단면폭}(W)} \times 100$$

그림 10 저편평비 타이어

래디알타이어는 전동저항계수가 0.011로서 종래의 바이어스타이어의 0.015에 비하여 27%의 연비개선을 얻을 수 있다. 이 개선치는 일반적으로 알려진 전동저항의 연비감도계수 0.1을 적용하는 경우 2.7%의 연비향상 효과가 있음을 알 수 있다.

4.3 동력전달장치의 효율 개선

자동차의 동력 전달장치는 클러치, 변속기, 추진축(Propeller shaft), 종감속장치(final drive unit), 구동축 등으로 이루어져 있으며

여기에서는 변속기만을 대상으로 연비개선 측면을 고려하겠다.

변속기에는 수동변속기(Manual Transmission MT)와 자동변속기(Automatic Transmission, AT)의 2종류가 있으며, 그중 자동변속기에는 전자동변속기, 반자동변속기, 무단변속기로 나눌 수 있다. 국산승용차는 점차 자동변속기의 채용이 증가하고 있다. 연비개선 측면에서 행하여지고 있는 국산 승용차의 변속기의 효율개선은 엔진에 대한 변속기의 기어비의 최적화 및 트랜스미션의 다단화, 변속비 폭의 와이드레인지화, ELC 4단 Auto Transmission의 채용 등이 행하여지고 있다.

모든 국산승용차는 Transaxle Gear Ratio의 최적화가 되도록 설계가 되고 있다. 변속기의 다단화 및 와이드레인지화는 현대자동차의 포니엑셀(1985년)이 국내 최초로 4단 수동에서 5단 수동을 채용하기 시작하였다. 포니엑셀은 종래에는 채용이 되지 못하였던 오바드라이버 기구를 톱기어(5단)에서 실현시켜 고속주행시의 연비를 향상시켰다. 그후에 개발된 신형엑셀은 4단부터 오바드라이브기구를 채용하여 고속영역은 물론 중속영역에서도 연비향상을 꾀하게 되었다(표 13 참조). 현재는 국산 승용차 전차종(프라이드 1.1, 그랜저 3.0, 임페리얼차종은 제외)에 걸쳐 수동 5단 변속기 장착차량이 주류를 이루고 있으며, 4단부터 오바드라이브기구를 채용하고 있다.

국산 승용차의 자동변속기 장착차종도 모두 3단에서 4단으로 다단화가 이루어 졌으며, 대형승용차(소나타, 그랜저, 콩코드, 임페리얼)는 종래의 A/T에 채용되지 않았던 오바드라이브기구를 채용하여 연비를 향상시키고 있고, 변속시 유체 클러치에서 발생하기 쉬운 미끄럼에 의한 동력손실을 방지하여 연비향상을 위한 전자제어 Lock-up 토크컨버터(ELC 4단 Auto Transmission)가 장착되어 있다. 더우기 ELC 4단은 Auto Transmission에 2 Mode 방식(Power 및 Economy Mode)을 적용하고 있기 때문에 일반주행시에는 연비가

우수하도록 Setting된 Economy Mode에서, 가속시는 각 단으로 변속되는 시기를 늦추어 구동력이 증가하도록 Setting된 Power Mode에서 주행케 하여 경제적이며 정속주행이 가능하도록 하고 있다(그랜저, 에스페로, 임페리얼).

표 13 현대 포니시리즈의 변속기단 및 기어비

	포 니	포니-엑셀	신형엑셀
1 단	3.525	4.226	3.363
2 단	2.193	2.365	1.947
3 단	1.442	1.467	1.285
4 단	1.000	1.105	0.939
5 단	-	0.855	0.777
최초생산년도	1975	1985	1989

이하 전술한 이외의 국산 승용차의 변속기의 효율개선을 위해 채용되고 있는 기술들을 정리하였다.

- Damper Clutch의 Slip량을 극소화 하여 저속에서 실용연비 개선(신형엑셀)
- Pre-Damper Type Clutch 채택으로 엔진 아이들 rpm구간에서 소음진동을 흡수하여 차량의 정숙한 상태를 유지하고 엔진 Idle rpm을 감소시켜 연비대폭 상승(에스페로)
- Shift-up, Indicator를 설치하여 최적의 Gear 변속시기를 지시하여 연료저감(콩코드, 에스페로)
- Transmission의 Shaft를 2축 구조로 하여 간단 경량화하여 전동효율 및 연비 향상(프라이드β)

4.4 열효율의 향상

엔진의 효율개선은 실제로 고출력, 배기가스규제 달성 및 저연비화를 대체적으로 동시에 꾀할 수 있어 국산 승용차는 이 분야에 많은 개선을 가져왔다. 이를 내용별로 살펴보면 연소특성의 개선, 전자제어 연소 분사 장치의 도입, 점화장치 개선, 흡배기관의 개선, 마찰손실 저감, 냉각손실 저감, 보기류의 구동손실 저감 및 다밸브화 채용 등을 예로

들 수 있다. 이외 Fuel Cut 장치를 채용하여 엔진 시동이 꺼지거나, 타행주행, 6000 rpm 혹은 7500rpm 이상으로 올라가면 연료를 자동적으로 Cut 하여 엔진의 손상 및 3원 촉매를 보호하는 등 연료저감을 이루고 있다.

1) 연속특성 개선

현대자동차는 엔진을 대체적으로 소형, 컴팩트화하여 연소효율을 향상시켜 저속토크 및 가속 레스폰스를 향상시키는 방법을 채용하고 있으며(신형엑셀, 소나타), 엘란트라리의 DOHC 엔진은 중앙점화 플러그식, 스쿼시, 면적부착 연소실로 연소효율을 향상시키고 있다. 그랜저 3.0L은 High Squish Compact 연소실로 연소효율을 향상시키고 있다.

대우자동차는 실린더 내경과 행정이 같도록 설계된 Square 엔진(르망, 에스페로)으로 저 rpm에서 토크를 높여 동판성능, 가속성능을 향상시키는 노력 및 캐스팅 기술을 이용하여 실린더별 연소실 체적의 Variation과 연소실 체적의 Tolerance 를 줄임으로서 실린더의 압축비의 Scatterry 를 줄이고 실린더별 출력변화를 최소화시켜 엔진의 효율향상을 꾀하고 있다(에스페로 DOHC).

기아자동차는 내구형의 컴팩트한 연소실에 HSP(High Swirl Port) 및 MSH(Masked Seat Head)의 연소실을 채용(프라이드, 캐피탈, 콩코드)하여 원주방향으로 강력한 와류를 형성시켜 희박혼합기의 안정적인 연소를 이루게 하여 고출력과 저연비 실현하고 있다(그림11 참조). 더우기 캐피탈 1500cc 엔진은 실린더 헤드의 각 흡기통로마다 Main Port 와 Swirl Port 의 2중 구조로 하여 선회 조정밸브(Swirl Control Valve)의 개폐로 강력한 와류를 일으키는 흡기 제어장치 DICS(Dual Port Induction Control Sy.)를 채용하고 있다(그림12참조).

연소효율을 향상시키기 위하여 점화장치의 개선도 이루어져 왔다. 현대의 엘란트라 및 대우의 뉴프린스 및 슈퍼살롱은 종래의 점화장치인 디스트리뷰터를 사용하지 않고 크랭크 앵글 센서에 의해 직접 점화시켜 정확한 점화가 가능하게 하는 각각 D.L.I (Distributor-

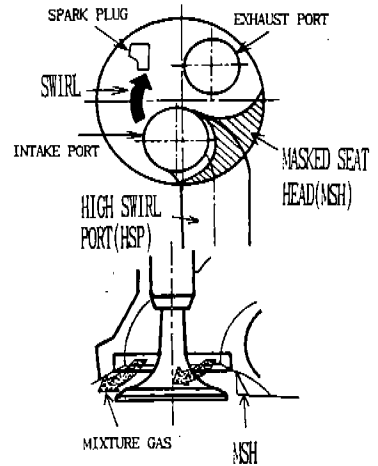
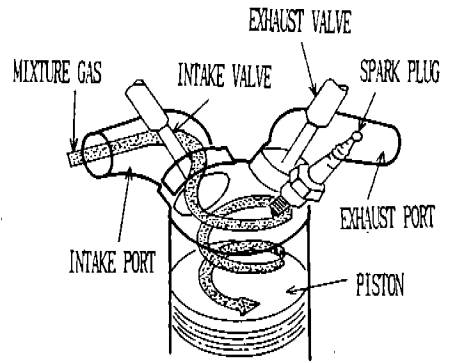


그림 11 H.S.P(High Swirl Port) & M.S.H(Masked Seat Head)

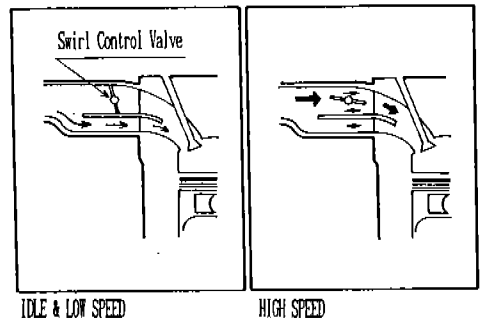


그림 12 DICS(Dual Port Induction Control System)

less Ignition) 및 DIS (Direct Ignition System) 방식을 채용하여 엔진효율을 향상시키고 있다(그림 13 참조). 그외 그랜저(3.0L, A/T)에는 고성능 전자제어 점화장치를, 플라

이드-β에는 점화시기 자동조절 장치(ESA)를, 에스페로(DOHC)는 ESTS (Electronic Spark Timing System)을 적용하여 점화시기 최적화를 꾀하여 연비를 개선시키고 있다.

표 14 국산 승용차에 장착된 엔진

생산 회사	구름 (1)	배기량 (cc)	내경×행정 (mm)	압축비	차 량 명
현대	1.3	1.238	73×74	9.0	포니(Sedan, W/G, P/UP)
		1.298	71×82	9.7	포니엑셀, 신형엑셀
	1.5	1.439	73×86	8.2 (8.5) (9.0)	마크-Ⅳ, V (Economy) (스텔라 1400) (포니 1400, 포니Ⅱ)
		1.468	75.5×82	9.4	포니엑셀, 신형엑셀, 스쿠프, 엘란트라
		1.499		9.0	스텔라(Prime, SL/GSC, LXL, G, APEX)
	1.6	1.593		8.2 (8.0)	마크-Ⅳ, 마크-V (뉴코티나)
		1.596	82.3×75	9.4	엘란트라(DOHC)
		1.597	76×86	8.5	스텔라(SL/GSL, CXL)
	1.8	1.795	80.6×88	8.5	소나타(GLSi), 스틸라(Sedan, DLX)
	2.0	1.993	84×60	8.6	그라나다
		1.997	85×88	8.6	스텔라 2.0 TX, 소나타(GLSi, TX), 그랜저
	2.4	2.351	86.5×100	8.6	소나타, 그랜저(AT)
	3.0	2.972	91.1×82	8.9	소나타(AT), 그랜저
기아	1.1	1.138	68×78.4	10.0	프라이드 1.1
	1.3	1.272	73×76	9.2	브리사 1300
		1.323	71×83.6	9.7	프라이드, 프라이드 β (LX, SLX, GLXi)
	1.5	1.498	78×78.4	9.5	캐피탈(SLX/GLX, GTX), 캐피탈(DOHC)
	1.8	1.789			캐피탈(GLX), 콩코드(GTX, LX)
	2.0	1.995	84×90	8.9	피아트 132
		1.998	86×86	8.6	콩코드(GTX, DGT)
2.7	2.664	88×73	8.2	뿌 조	
대우	1.3	1.272		8.6	맵시나 1300
	1.5	1.492	82.5×69.8	8.6 (8.2)	맵시나XQ, 맵시나 1500 (제미니)
		1.463			로얄프린스 1.5
		1.498	76.5×81.5	9.0 (9.2)	르망, 르망레이서, 르망펜타-5 (에스페로DOHC)
	1.9	1.897	93×69.8	8.6	레코드로얄, 로얄프린스
	2.0	1.979	95×69.8	9.0	로얄프린스, 로얄살롱
		1.998	86×86	8.8	르망, 에스페로, 뉴로얄프린스, 뉴로얄살롱
3.0	2.969	95×69.8	9.2	임페리얼 3.0 A/T	

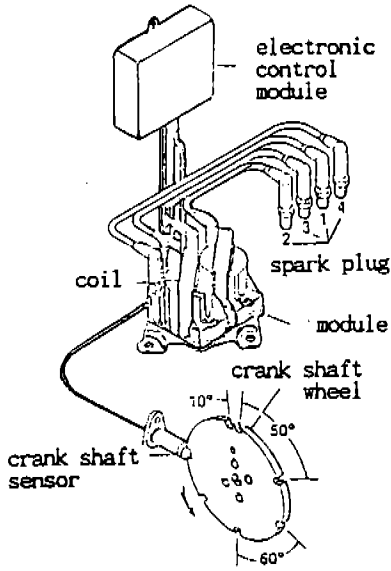


그림 13 Direct Ignition System

2) 압축비의 상승

엔진의 압축비의 향상은 직접적으로 열효율이 상승되기 때문에 연비개선을 이룰 수 있다. 일반적으로 압축비를 1상승 시킴으로서 연비 개선 효과는 4~6%이고, 이때 필요한 옥탄가의 상승은 5~7로 알려져 있다.

국산 승용차에 채택된 엔진과 제원을 표14에 정리하였다. 국산 승용차의 압축비는 최근에 생산된 차일 수록, 배기량이 작을 수록 압축비가 높은 것을 보이고 있다. 배기량이 큰 임페리얼 3.0 및 현대의 그랜저 3.0에 장착된 엔진의 압축비는 각각 9.2 및 8.9인 것을 알 수 있으며, 배기량이 작은 프라이드 1.1 및 신형엑셀 1.3에 장착된 엔진의 압축비는 각각 10 및 9.7인 것을 알 수 있다. 따라서 현재 시판되고 있는 국산 승용차의 압축비는 8.5(소나타 0.2, 그랜저 2.0)에서 10.0(프라이드 1.1)의 범위에 있는 것을 알 수 있다. 그림 14에는 국산 승용차의 배기량별 압축비의 관계를 도시하였다.

3) 흡배기관의 개선

종래의 흡기관 및 배기관은 길이와 굵기가 일정하기 때문에 엔진회전수에 따라 흡기효율 및 배기관의 압력이 변하게 되어 최상의

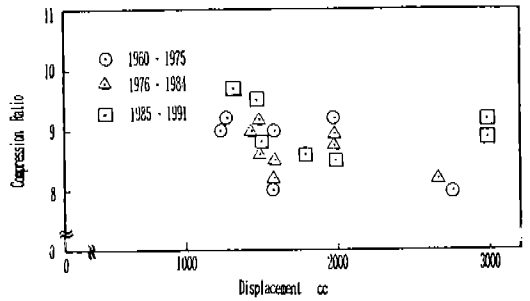


그림 14 국산 승용차의 배기량별 압축비

을 가져올 수 없고 어떤 임의의 회전수에서만 최상의 효율을 가져오게 된다. 따라서 고정치수의 흡배기관은 보다 넓은 운전조건에서 우수한 엔진성능을 유지하기에는 곤란하다. 진술한 이유에서 최근의 국산승용차는 흡기효율을 향상시키고, 배기관의 압력을 저압으로 유지시키는 방법을 채용하여 엔진의 출력 및 연비성능의 향상을 가져왔다.

캐피탈에 채용되어 있는 DISC(Dual Port Induction System)는 일종의 가변 흡기계로서 흡기효율을 향상시키는 역할을 한다. 이것은 스윙밸브를 전개, 중개, 전폐의 3단계 제어를 행함으로써 운전조건에 따라 흡기효율을 일정하게 유지시켜 보다 평탄한 토크특성을 실현시켜 연비향상을 꾀하고 있는 것이다.

배기관은 충전효율에 미치는 영향은 작으나, 배기압력을 줄이고 가스흐름을 원활하게 하여 흡배기효율이 향상되도록 저속에서는 1개의 배기관을 고속에서는 2개의 배기관을 사용하는 방법으로 배기저항을 작게하여 출력향상과 소음저감을 꾀하는 Dual Exhaust Manifold가 채용되고 있다(그림 15 참조).

이하 국산승용차에 적용되고 있는 흡배기관을 개선시키는 구체적인 기술들을 열거하면 다음과 같다.

- 흡기관 길이를 증대시켜 관성과급 효과에 의한 흡기효율을 향상(엘란트라, 소나타)
- 서징탱크를 장착하여 기압효과에 의한 급효과 향상(신형엑셀, 소나타)
- 배기관 직경을 넓게하여, Muffler용량을

증대시켜 배기저항 감소(엘란트라)

- Dual Exhaust Manifold 채용 (신형엑셀, 소나타, 스쿠프)
- 흡기 매니폴드의 디자인을 Plenum Chamber에서부터 흡기밸브까지의 유동면적을 Converge 하게 유지하여 흡입공기의 관성 및 공명효과로 흡기효율 향상(에스페로 DOHC)
- 흡배기 Port를 Siamese로 설계하고, 주조시 Port core에 Coating 처리하여 혼합기 유동의 마찰저항을 줄여 흡기효율 향상(에스페로 DOHC)
- 실린더로 유입되는 Intake Mainfold Port 형상을 High Port로 설계하여 흡기효율을 향상시킴(에스페로)
- DOHC엔진은 특성상 직경이 큰 흡배기 포트를 설치할 수 있어 흡기효율이 향상됨(캐피탈, 엘란트라, 에스페로)

4) 다밸브화의 채용(DOHC 엔진)

다밸브화 엔진은 가스의 통로면적을 비약적으로 향상시킬 수 있고, 펌프손실 및 밸브 마찰손실도 저감되고, 중저속영역에서는 밸브의 오버랩각을 작게 하여 흡기의 역류량을 작게 할 수 있어 출력의 향상은 물론 연비의 향상을 가져올 수 있다. 더우기 1실린더에 4밸브엔진은 점화위치를 연소실 중앙부위에 설치할 수 있어 화염전파 거리의 단축에 따른 연소기간이 짧게 되어 요구 옥탄가의 저하 및 고압축비화가 가능하여 연비저감을 이룰 수 있다.

국산승용차에도 1실린더당 4개의 밸브가 있는 DOHC엔진은 1991년 기아의 캐피탈(1500 cc)부터 채용되기 시작하여 그후 현대의 엘란트라(1600 cc), 대우의 에스페로(1500 cc)가 DOHC엔진을 장착하여 시판되고 있다. 국산승용차는 채용되기 시작한 DOHC엔진은

물론 머지않아 현대자동차에서 개발한 3밸브식 엔진(α -엔진)이 장착된 차량이 시판되리라 예상되어 우리나라에서도 다밸브화 채용이 증가될 것으로 사료된다.

5) 냉각손실의 저감

냉각손실의 저감을 피하여 열이용율을 높여 출력 및 연비를 개선시키려는 생각은 오래전부터 단일엔진의 개발을 추구하게 되었다. 그러나 단일엔진에 대한 사이클 시뮬레이션 결과는 단열도가 증가하면 당연히 냉각손실은 저하되지만, 그 감소는 대체로 배기손실의 증가가 되고, 정미열효율의 향상은 4%정도로서 기대에 미치지 못하였다. 최근에는 가스터빈용 엔진을 고온화시킬 수 있는 단일엔진(세라믹엔진)의 개발이 추진되고 있다.

국산승용차의 냉각손실의 저감을 위한 노력은 냉각기능을 향상시키든지 혹은 냉각수 온도의 효율적인 제어로 냉각손실의 저감과 더불어 냉각팬 등의 보기류의 구동손실의 저감을 함께 꾀하고 있다. 구체적인 것으로서는 Air Condenser의 2-Pass화(엘란트라) 및 알루미늄 라디에이터(신형엑셀, 그랜저)로 냉각 성능을 향상시키고 있다. 그의 전동팬화(콩코드, 엘란트라) 및 과냉각 방지기술(에스페로)이 채용되어 있다. 전동팬화는 Cooling Fan을 필요한 시기에만 전동식으로 구동시켜 냉각수온을 효율적으로 제어하는 방법을 말하며, 과냉각 방지기술은 Cooling Fan을 냉각수 온도 및 Air Condenser내 압력의 증가시에 Fan speed를 고속으로, 그외의 조건에서는 저속으로 자동조정케 하여, 엔진의 냉각성능의 향상을 이루고 있다.

4.5 마찰손실의 저감

마찰손은 엔진의 기계적손실, 보기류의 구동손실 및 흡배기계의 펌핑손실 등으로 대별할 수 있으며, 이와 관련된 인자도 상당히 많이 있다. 각 요인별 발생하는 마찰손실은 연비에 큰 영향을 미치는 것은 없기 때문에 각 요인별로 조금씩 개선하여 서로 조합시키면 연비개선에 효과를 기대할 수 있다.

기관본체의 마찰손실의 비율을 그림16에 도

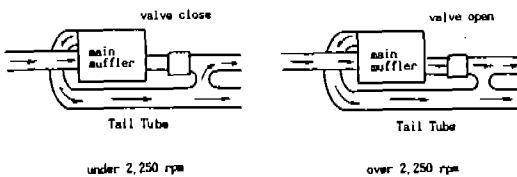


그림 15 Dual Exhaust Manifold System

시하였다. 기관의 전장비 손실중 약 절반이 습동부분의 손실이며, 이중에서도 피스톤 및 크랭크계 부품이 차지하는 비율이 대부분인 것을 보여주고 있다. 따라서 기관본체의 마찰손실을 저감시키기 위해서는 피스톤 및 피스톤핀 및 피스톤링의 경량화, 컨넥팅 로드의 경량화, 벨브계의 부품의 경량화 및 스프링의 중량저감 등을 통한 습동부분에 작용하는 하중 및 마찰계수의 저감, Water 펌프, 냉각팬 등 보기부품의 효율향상, 윤활유의 점도저감 등의 방법이 유효함을 알 수 있다.

이하 국산승용차에 채용되고 있는 마찰손실 저감기술을 정리하였다.

- 가공정도의 향상으로 마찰손실 저감 (전차중)
- 벨브구동에 Roller Rocker Arm을 적용하여 Cam과 Rocker Arm의 마찰손실 저감(신형엑셀)
- Damper Clutch의 Slip 량을 극소화하여 저속에서 실용연비 개선(신형엑셀)
- Offset Coil Spring을 적용하여 Bearing 마찰 및 Piston Rod의 습동저항을 감소(신형엑셀)
- Needle Bearing식 Roller Rocker Arm을 적용하여 마찰손실 저감 및 Response 향상(신형엑셀)
- ABS(Antilock Brake System)의 적용으로 미끄러운 노면이나 Split μ 노면에서 급제동을 걸어도 안정되고 탁월한 제동 성능 발휘(그랜저)
- Piston Skirt와 Cylinder Bore의 접촉면을 최소화시켜 엔진마찰에 의한 마력 손실을 저감한 Econo Guide Type Piston 채택(르망)

윤활유의 개선도 연비개선에 상당히 기여를 한다. 동질기에는 연비의 대폭저하가 일어나는데 이것은 연소실 주위의 온도가 낮음에 따른 연소불량 및 방열손실에도 기인하지만, 그보다는 저온시의 오일점도가 높게되어 마찰력증대가 최대요인으로 작용하기 때문이다. 따라서 마찰손실을 저감시키기 위한 윤활유의 지점도화와 마찰저감제 첨가가 개발되고 있다.

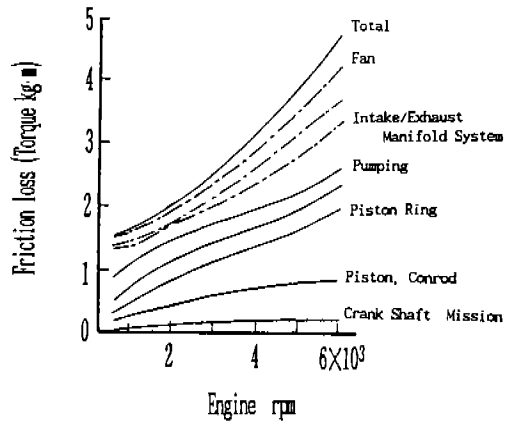


그림 16 기관본체 각부의 마찰손실 비율

4.6 전자제어에 의한 최적화

자동차의 전자기술의 발전과 보급은 승용차는 물론 대형상용차의 연비개선에 큰 영향을 주었다. 국산 승용차에 채용되고 있는 전자제어시스템으로는 전자제어 연료분사, 연비절약 가이드시스템 채택, 전자제어 서스펜션 등이 있다.

1) 전자제어 연료분사장치

가솔린차량의 연료의 공급방식은 기화기 방식과 전자제어 연료 분사방식으로 나눌 수 있다. 자동차에 의한 대기오염 및 에너지에 대한 사회적인 요구가 중대시 되기 이전에는 연료공급장치로서 기화기 방식이 주류를 이루고 있었으나, 승용차에 대한 배출가스에 대한 규제가 결정된 이래 연료 공급장치는 연비 제어가 쉬운 분사방식이 주목을 받게 되었고, 특히 3원촉매를 장착하는 공연비 피드백 콘트롤시스템이 실용화됨에 따라 전자제어 연료분사방의 채용이 확대되기 시작하였다.

그러나 기화기의 방식에도 전자제어 시스템이 도입하여 전자제어 연료분사시스템의 성능과 거의 차이가 없게 되었다. 기아의 캐피탈에 채용된 전자제어 기화기(ECCS)는 산소센서, 수온센서 등으로부터 받은 엔진의 운전상태의 각종 정보를 파악하여 각 계통에 알려주는 중앙 컴퓨터역화를 하는 ECU(Electronic Control Unit)가 항상 최적의 Condition을 유지하도록 연료를 공급하고 있다.

국내 전자제어 연료분사장치는 소형에서는 신헤셀이 전자제어 다점 연료분사 장치(MPI)를 처음 채택하기 시작하여 연비개선을 이루었으며, 르망은 일점연료 분사방식인 TBI(Trottle Body Injection)방식을 채용하기 시작하는 등 점차 전자제어 연료분사장치의 채용이 증가하고 있다. 국산 승용차에 채용된 기화기 방식은 주로 저배기량의 소형 승용차에, 전자제어 연료 분사방식은 중형 이상의 승용차에 채용되고 있음을 알 수 있다(표 15 참조).

2) 연비절약 가이드시스템(Economical Drive Guide System)

연비절약 가이드시스템은 일본의 ISUZU자동차가 세계 최초로 개발한 것으로서, 이 시스템은 엔진의 가동상태(악셀개도와 엔진회전속도) 및 차속을 감도가 좋은 센서로 검출하여 트랜스 미션의 변속타이밍을 운전자에게 지시하는 씨후트 어드바이스(Shift Adviser)기능과 순간연료소비량을 표시하는 연비레벨미터로 구성되어 있다. 특히 씨후트 어드바이서 기능은 주행저항에 근거를 두어 변속 로직을 사용하고 있기 때문에 일반도로 주행은 물론 등판시에도 주행성능이 떨어진다는 지시는 나오지 않도록 되어 있다. 기어변속을 판단할 때는 엔진의 고유한 연비율 데이터를 사용하고 있기 때문에 운전자는 장치가 지시한 대로 주행하므로 운전자의 경험, 습관 등에 의한 연비의 변동을 작게 할 수 있어 누구라도

연비를 절약할 수 있는 주행을 할 수 있도록 한 것이다. 에스페로 및 콩코드에 채용되고 있는 Shift-up Indicator도 일종의 연비절약 가이드 시스템이다.

이 시스템의 채용에 의한 연비효과는 초심자는 약 10%, 베테랑은 2~3%의 효과가 있다고 한다. 특히 변속빈도가 높은 일반도로나 산간도로를 주행할 때는 그 효과가 커서 종래의 주행에 비하여 우수한 성능이 있다고 보고하고 있다.

3) 전자제어 서스펜션(ECS : Electronic Controlled Suspension)

ECS는 그랜저 3.0에 채용되고 있는 것으로서, 이것은 서스펜션의 주요특성인 Shock Absorber 감쇠력, 스프링정수, Stroke 등을 운전상황에 따라 자동적으로 컨트롤 함으로써 최적의 승차감, 높은 주행안정성, 조경안정성을 실현한 첨단 전자제어 서스펜션이다. 의의 사용으로 차속 150km/h 이상 혹은 차속 40km/h 이하에서 각각 서스펜션은 Hard, 차고는 Low 및 서스펜션 Hard, 차고 High가 되어 주행안정성은 물론 연비 및 가속성을 향상시키고 있다.

5. 연비개선 기술

연비향상을 위한 기술개발은 단기간에는 어렵기 때문에 지금까지 채용되어 왔던 기술을 더욱 개선시키는 것이 가장 효과적이라고 사

표 15 국산 승용차의 연료공급장치

연료공급방식	채 용 기 술	승 용 차
기 화 기	피드백 카브레터 (FBC : Feed Back Carburetor)	엑셀 GL, L, 프라이드, 르망
	전자 제어 기화기 (Electronic Control Carburetion System)	캐피탈(ECCS)
전자 제어 연료 분사 방식	다점 연료 분사방식 (MPI : Multi Point Injection)	엑셀 GLSi, 엘란트라, 스쿠프, 소나타 프라이드-β, 그랜저, 임페리얼
	일점연료 분사방식 (SPI : Single Point Injection)	르망(TBI), 에스페로(CFI)

표 16 연비 개량기술

	기 술 내 용	채 용 기 술
주행효율의 개선	차체의 경량화	- 합리적인 설계 구축 - 경량재료 및 고장력강판 채택 확대
	주행저항의 저감	- 공기저항계수의 저감 - 타이어에 의한 전동저항의 저감
	동력전달장치의 개선	- 부 변속기의 채용 - 전자제어식 자동변속기 - 무단변속기 채용
엔진의 고성능화	열효율의 향상 (엔진의 개발)	- 희박연소기술 개발 - 신형분사장치 채용 - 냉각손실의 저감
	마찰손실의 저감	- 가공성 향상 - 보기류의 구동손실 저감 - 윤활유의 개선
	전자제어에 의한 최적화	- 가변밸브 타이밍기구 - 전자제어 노킹제어시스템
폐열 회수 이용	폐열의 회수 이용	- 터보과급, 컴프레소과급 엔진 - 흡수식 카에어콘

로되고, 장기적으로 개발 및 채용이 가능한 기술은 표 16에 정리하였다.

5.1 주행효율의 개선

국산 승용차는 차체가 거의 소형일 뿐만 아니라, 거의 전륜구동 방식을 채용하고 있다. 따라서 앞으로의 국산 승용차의 차체의 경량화를 위한 노력은 실내 거주공간과 차체의 외형치수의 최적화를 꾀하는 합리적인 설계 기술과, 경량재료의 채용이 확대되리라 사료된다. 특히 승용차에 대한 내수시장이 중형차를 선호하는 점도 있지만, 수출시장은 소형이며 고품질의 차를 선호하기 때문에 차체의 설계에 특히 개선이 되리라 사료된다.

주행저항의 저감은 차체의 공기저항의 저감과 타이어의 전동저항의 개선으로 이룰 수 있다. 그러나 국산 승용차의 공기저항계수가 가장 낮은 것은 에스페로의 0.29로서, 이 값은 실용성을 전제로 한 것($C_d=0.2$)으로서는 거의 한계에 도달하였다고 사료되기 때문에,

장래는 승용차에 대한 최적의 타이어선택 및 타이어의 형상, 구조 및 재질의 개선이 이루어질 수 있다고 사료된다.

변속기의 효율개선은 부변속기를 적용한 다단화 및 변속비의 와이드를 도모하는 것과, 자동변속기의 변속저감을 최적화하는 전자제어식 자동변속기(Electronic Controlled Transmission) 및 무단변속기(Continuously Variable Transmission)가 앞으로 국산 승용차에 채용가능한 기술이라하겠다.

5.2 엔진의 고성능화

연비향상을 위한 엔진의 고성능화기술은 열효율 향상, 마찰손실저감, 가변기구의 채용, 전자제어화에 의한 최적화로 대별할 수 있다.

열효율을 향상시키기 위한 개발가능한 기술은 희박혼합기 연소안정기술, 압축비의 향상, 냉각손실의 저감 및 신형 분사밸브의 채용이 있다. 이중 희박혼합기의 연소안정기술 및 냉

각손실의 저감기술은 오래전부터 외국 자동차업계는 물론 국내 자동차업계에서도 개발중에 있어 머지않아 이 기술이 채용된 엔진이 개발되어 연비가 지금보다 상당히 우수한 차량이 판매되리라 사료된다. 신형 연료 분사장치는 종래의 연료분사장치 보다 분무특성을 향상시킬 수 있는 초음파 미립화장치 혹은 공기 연료 혼합 분사장치가 국내 기술에 의해 개발 가능하리라 사료된다.

마찰손실의 저감은 기계적인 손실이외에 특히 보기류의 구동손실을 저감시키는 기술이 개발 가능하리라 사료된다.

전자제어의 발달에 기인하여 차량의 연비의 향상, 유해배가스의 저감은 물론 차량의 안전성, 안락성을 위해 차량의 모든 부위를 전자적으로 제어하는 시스템이 국내 기술에 의해 개발 가능하리라 사료된다. 특히 전자제어가변 밸브타이밍기구, 전자제어 노킹제어시스템 등이 개발 가능하리라 사료된다.

5.3 폐열 회수 이용

차량의 배기가스의 열 에너지를 이용하는 것은 오래전부터 출력향상을 목적으로 승용차에 터보과급시스템이 채용되어 왔다. 국산 승용차는 현대의 스쿠프만 터보과급엔진이 채용되고 있으나, 앞으로는 터보과급 엔진 이외에 콤프렉스과급 엔진이 국내기술에 의해 개발되어 차량에 장착되어 연비향상을 꾀할 수 있으리라 사료된다. 과급 엔진이외에 개발이 가능하리라 사료되는 기술은 흡수식 카에어콘이 있다. 이것은 차량의 폐열 즉 배기가스 에너지 및 냉각수 에너지를 농도차에너지 시스템의 열원으로 이용하여 차량의 보기류(카에어콘)의 동력원으로 이용하여 엔진의 출력손실의 저감을 꾀하여 차량의 연비의 향상을 꾀하는 방법이다.

6. 맺음말

국산 승용차량의 연비는 선진국 승용차에 비하여 결코 낮은 값은 아니다. 그러나 자원이 부족하고, 대도시 인구가 밀집되어 있

는 우리나라로서는 도시환경과 에너지 소비 저감에 노력을 해야 한다. 이를 위해서는 자동차업계 혹은 이와 관련된 연구자들의 기술 개발에 의한 노력만으로는 안되고 모든 사람들의 관심과 노력이 함께 있어야만 조금이라도 해결되리라 생각한다. 이것은 차량부문에 에너지소비에 관련된 기술외적인 문제 예를 들면 도로사정, 교통체제 등의 문제도 있겠으나, 그보다는 운전습관을 개선한다던지 혹은 차량의 정비점검을 철저히 하는 등의 노력이 전체적으로 에너지 소비를 줄일 수 있는 좋은 방법이라 하겠다.

참 고 문 헌

1. 한국자동차공업협회, 한국의 자동차산업, 1991.
2. 현대자동차(주), 현대 20년사
3. 배순훈, 한국 자동차공업의 전망, 자동차공학회지 제9권 제5호, 1987, pp.1~5.
4. 정세영, 한국 자동차공업의 전망, 자동차공학회지 제10권 제6호, 1988, pp.1~4.
5. 이강용, 한국 자동차공업의 문제점 및 발전방안, 자동차공학회지 제11권 제1호, 1989, pp.3~6.
6. 박래우, PONY EXCEL 소개, 자동차공학회지 제7권 제2호, 1985, pp.83~90.
7. 김영식, 신차 르망 소개, 자동차공학회지 제8권 제3호, 1986, pp.93~100.
8. 신민균, GRANDEUR 소개, 자동차공학회지 제8권 제4호, 1986, pp.82~90.
9. 박정섭, 기아 PRIDE 소개, 자동차공학회지 제9권 제1호, 1987, pp.82~87.
10. 노인수, 기아 CONCORD 소개, 자동차공학회지 제9권 제6호, 1987, pp.60~67.
11. 현대자동차(주), SONATA 소개, 자동차공학회지 제10권 제3호, 1988, pp.68~78.
12. 기아자동차(주), 기아 CAPITAL 소개, 자동차공학회지 제11권 제1호, 1989, pp.68~75.
13. 현대자동차(주), 신형 EXCEL 소개, 자동차

- 공학회지 제 11권 제 2호, 1989. pp.66~73.
14. 대우자동차(주), 대우 IMPERIAL 소개, 자동차공학회지 제 11권 제 3호, 1989. pp. 72~80.
 15. 현대자동차(주), GRANDEUR 3.0 소개, 자동차공학회지 제 11권 제 5호, 1989. pp. 101~108.
 16. 현대자동차(주), SCOUPE 소개, 자동차공학회지 제 12권 제 1호, 1990. pp.49~55.
 17. 대우자동차(주), 대우 ESPERO 소개, 자동차공학회지 제 12권 제 4호, 1990. pp.91~100.
 18. 현대자동차(주), ELANTRA, 자동차공학회지 제 12권 제 5호, 1990. pp.107~115.
 19. 기아자동차(주), 기아 PRIDE- β 소개, 자동차공학회지 제 12권 제 6호, 1990. pp. 67~74.
 20. 대우자동차(주), 대우 NEW PRINCE & SALON 소개, 자동차공학회지 제 13권 제 4호, 1991. pp.94~102.
 21. 정태형, 자동차 변속기에 관하여, 자동차공학회지 제 10권 제 1호, 1988. pp.13~25.
 22. South Coast Technology, Inc., Review of Aerodynamic Drag Reduction, Automotive Fuel Economy Contractors' Coordination Meeting, April, 1978.
 23. 박 선외, 차량의 단위연료당 목표주행거리 설정에 관한 연구, 한국동력자원연구소 연구보고서, KE-81T-26. 1981.

알 림

본 학회에서는 제 6차 태평양지역 자동차공학 국제학술대회의 Proceedings를 판매하오니 회원 여러분들의 많은 이용 바랍니다.

• 가 격 : 56,000 원 (Volume 1, 2)

• 문의처 : **삼불 한국 자동차 공 학 회**

서울시 강남구 역삼동 707-38, 테헤란오피스텔 809호

Tel. 564-3971/2. Fax. 564-3973