

## 自動車用 燃燒機關의 動向

### Trend of Automotive Combustion Engine

李 昌 植

Chang Sik Lee

#### 1. 머리말

人類文明의 發達과 더불어 自動車는 우리의 日常生活에서 가장 緊要한 文明의 利器로서 交通 및 輸送手段의 大部分을 차지하고 있음은 周知의 事實이다.

좀더 便利하고 理想的인 自動車를 指向하려는 人間의 意志는 自動車의 機關을 비롯하여 각종 裝置의 構造 및 作動性能을 最適化하는데 크게 이바지하여 왔으며, 이러한 노력은 自動車用 機關의 效率增大와 排氣低減 등에 많은 發展을 가져오게 되었다.

특히 에너지波動이후 우리나라를 비롯한 世界 여러나라는 資源의 消費節約을 極大化하려는 方向으로 많은 研究가 이루어지고 있다.

自動車用 燃燒機關의 性能은 初期에는 주로 出力性能에 主案을 두어 設計하여 왔으나 漸次 排氣에 依한 大氣汚染問題가 제기됨에 따라 排氣가스의 有害成分低減, 騒音低減, 耐久性 增大를 비롯하여 燃料消費節減을 감안한 經濟性을 감안하여 설계하게 되었으며 最近에는 이들을 充足시키면서도 最適制御시스템을 갖는 自動車로 發展하게 되었다.

自動車用 燃燒機關의 主流는 지금까지 使用하여 오고 있는 가솔린機關, 디젤機關이며 이 외에도 가스 터빈, 電氣自動車用 機關, 등이 일부 사용되고 있다.

이러한 관점에서 여기서는 주로 自動車用 가

솔린機關과 디젤機關의 發展과 最近의 動向에 대하여 개괄적으로 고찰하여 보기로 한다.

#### 2. 自動車用機關의 動向

##### (1) 가솔린機關

가솔린기관의 경우 가장 주요한 성능의 개선에 필요한 과제는 排出가스에 의한 有害成分의 低減을 들 수 있다.

最近 排出가스對策의 傾向으로는 觸媒方式을 이용하는 차량이 점차 증가하고 있다. 특히 HC, CO, NO<sub>x</sub> 등을 同時에 저감시키는 觸媒를 이용하여 기관의 熱效率, 運轉性能의 저하를 최소화 방지함과 아울러 機關의 熱燃性能을 改善시키려는 노력이 계속되고 있다.

排出有害成分의 低減을 위하여는 그 무엇보다도 混合氣 濃度を 精確하게 제어하는 것이 필요하다. 그러므로 最近에는 電子制御式 氣化器나 高精度氣化器 등을 사용하는 경우가 많다.

世界主要 自動車製作會社에서는 排出가스對策으로서 小·中型自動車에서는 酸化觸媒方式, 亂流生成포모트를 갖는 酸化觸媒, 大形車에서는 3元觸媒方式 등을 사용하고 있다.

이 밖에도 電子制御氣化器 ECC(Electronically Controlled Carburetor)를 使用하는 자동차도 점차 증가하고 있다.

또한 최근 마이크로 컴퓨터를 사용하는 燃料

噴射量, EGR量, 공회전 회전속도, 점화시기 등을 디지털 제어하는 機關集中 電子制御시스템 (Electronic Concentrated Engine Control System)의 이용도 점차 많아지고 있다.

이 밖에도 燃燒室의 構造를 개선시켜 연소성능의 향상을 도모하고 있는 CVCC機關, 電子式 點火時期制御시스템 (Microprocessed sensing and Automatic Regulation System) 등의 전자 제어식이 점차 확대되고 있다.

또한 OHV機關의 경우 燃料消費對策의 하나로 小型輕量化, 성능향상과 더불어 배기량의 축소를 도모하여 성능을 개선시키고 있다. 실린더, 헤드, 크랭크 축, 흡기 다기관 등의 주요 부품을 개량하여 흡입 효율, 연소의 개선을 증진시켜서 出力을 향상시키고 기관 중량도 가볍게 만들고 있다.

유유럽의 경우에도 고풍력 기관을 지향하면서 배기량 1.0~1.3ℓ의 小形自動車機關에서 OHC化하고 있으며, 연료경제성이 높은 소형 자동차로 만들기 위하여 종래의 OHV 기관에서 OHC 기관의 적용이 擴大되고 있다.

(2) 디이젤機關

석유파동 이후 世界各國은 自動車機關의 低公害, 低騒音과 더불어 燃燒消費節減과 低質燃料을 비롯한 燃料 適應性이 높은 기관의 개발 연구에 주력하여 왔다.

특히 디이젤기관은 省에너지 觀點에서 주로 大形自動車用에 사용하던 것을 乘用차 기관으로도 사용하게 되었으며 이러한 요구는 디이젤機關의 小形高速化를 加速시켜 왔다.

유유럽의 경우 Daimler Benz의 乘用차에서는 30~50%까지 디이젤엔진 搭載가 증가하고 있으며 Opel, Volks Wagen, Fiat, Volvo 등에서 점차 디이젤기관 搭載가 증가하고 있다.

미국의 경우에는 GM社 등에서 1977년부터 디이젤 乘用차가 생산되었고, 일본의 경우에는 1957년 토요타社에서 디이젤 乘用차를 만들기 시작한다.

이러한 디이젤 자동차의 乘用차화가 증가함과 아울러 연료비가 저렴하다는 이점으로 인하여 더

이젤 乘用차의 수요도 점차 증가하는 경향을 갖는다.

또한 미국의 경우 燃費規制가 1978년에 7.7km/ℓ에서 1985년에는 11.7km/ℓ로 改良되어 이것이 또한 디이젤化를 증가시키는 요인의 하나가 되고 있다.

표 1은 미국의 乘用차의 燃費規制値를 年度別로 살펴본 것이다.

표 1. 乘用차의 燃費規制(미국)<sup>(1)</sup>

년	1978	1979	1980	1981	1982	1983	1984	1985
마일/갤런	18.0	19.0	20.0	22.0	24.0	26.0	27.0	27.5

표 2는 세계 주요 자동차의 乘用차용 디이젤 기관의 주요제원을 나타낸 것이다. 이 표에서 보는 바와 같이 기관의 총배기량은 1470cc로부터 5700cc까지 여러가지 형식의 것이 있으나 1900cc에서 2300cc정도의 것이 비교적 많은 편이다.

그러나 디이젤機關의 경우 重量이 크고, 最高回轉速度가 낮고 振動·騒音が 크고 製作費가 많이 드는 등의 결점이 있으므로 이들을 가능한 한 보완하여 가솔린機關의 範圍에 가까운 狀態로 하도록 노력하는 것이 필요하다. 또한 出力의 면에서도 디이젤기관이 가솔린기관보다 平均有效壓力이 낮고 比出力이 낮은 등의 문제점도 보완되어야 할 것이다.

이러한 문제점을 가지고 있는 디이젤기관을 사용하는 乘用차의 기관의 구조적 특징으로는 단 행정에 의한 고속 회전화, OHC 기구에 의한 타이밍 벨트 구동, 분배형 분사펌프의 적용, 터어보 과급기관, 가솔린기관을 개조한 경량기관 등을 들 수 있다.

표 3은 주요 자동차의 燃費를 가솔린 기관과 디이젤기관에 대하여 비교한 것이다.

이 표에서 보는 바와 같이 燃費率의 경우에는 디이젤 자동차가 가솔린 자동차보다 30~50% 정도 우수함을 알 수 있다.

또한 排出가스에 대하여 비교하여 보면 HC, CO는 가솔린 기관보다 훨씬 낮으나 NO<sub>x</sub>에 관하여는 가솔린기관과 같이 觸媒에 의한 後處理가 극히 困難한 문제점이 있다.

表 2 주요 승용차용 디젤기관<sup>(2),(3)</sup>

제 造 社	형 식	실린더수- 내경 × 행정	총배기량 (cc)	연 소 실	압축비	최 고 출 력 (ps/rpm)	최 대 토크 (kgm/rpm)	중 량 (kg)	참 개 차
대우 자동차	2.0DL4-OHC	4 - 86.5 × 85	1998		22	65 / 4400	12.6 / 2200		로얄 디젤
닛산 디젤	SD 20	4 - 83 × 92	1991	와류실	20.0	60 / 4000	13 / 1800	220	닛산 로-에루
"	SD 22	4 - 83 × 100	2164	"	20.8	65 / 4000	14.5 / 1800	220	닛산 세도릭
토요타	L	4 - 90 × 86	2188	"	21.5	72 / 4200	14.5 / 2000	200	토요타 크라운
이스즈	C 190 6	4 - 86 × 84	1951	"	20	62 / 4400	12.5 / 2200	205	이스즈 푸로리안
Daimler Benz	OM 615	4 - 87 × 83.6	1988	에연소실	21	60 / 4400	11.5 / 2400	197	Mercedes Benz 200 D
"	OM 616	4 - 90.9 × 92.4	2399	에연소실	"	72 / 4400	14 / 2400	229	" 240 D
"	OM 617	5 - 90.9 × 92.4	2998	"	"	88 / 4400	17.5 / 2400	244	" 300 D
"	OM 617A	5 - 90.9 × 92.4	2998	"	"	122 / 4350	25 / 2400		" 300SD
Opel	2.0 D	4 - 86.5 × 85	1998	와류실	22	58 / 4200	11.7 / 2400		Opel Ascona
"	3.0 D	4 - 92 × 85	2260	"	22	65 / 4200	12.9 / 2500		" Rekord
Volks Wagen	D 1.5	4 - 76.5 × 80	1471	"	23	50 / 5000	8.2 / 3000	125	VW Golf
"	D 2.0	5 - 76.5 × 86.4	1987	"	"	70 / 4800	12.5 / 3000	172	Audi 100 5 D
"	D 2.4	6 - 76.5 × 86.4	2384	"	"	82 / 4800	14.3 / 2800	198	Volvo 244 GLD 6
Peugeot	X 1 D	4 - 80 × 77	1548	"	22.5	49 / 5000	8.7 / 2500		Peugeot 305 GLD
"	XD90	4 - 90 × 83	2112	"	22.1	63 / 4500	12.4 / 2000	185	Ford Granada
"	XD2	4 - 94 × 83	2304	"	22.2	70 / 4500	13.4 / 2000	200	Peugeot 505 D
"	XD2S	"	"	"	22.0	80 / 4150	18.8 / 2000	215	" 604 D
Citroen	M 25	4 - 93 × 92	2500	"	22.25	75 / 4250	15.3 / 2000		Citroen 2500 D
Perkins	4-108	4 - 79.4 × 88.9	1760	"	22	52 / 4000	11 / 2200		Alfa Romeo Giulia
Oldsmobile	260 D	V8 - 88.9 × 85.98	4269	"	22.5	90 / 3600	22.1 / 1600		Oldsmobile Cutlass
"	350 D	V8 - 103.8 × 85.98	5735	"	"	125 / 3600	31.1 / 1800	331	Cadillac Seville

表 3 가솔린 자동차와 디젤 자동차의 燃費率 비교

자 동 차 명	가솔린기관 자동차			디젤기관 자동차		
	배기량	변 속 기	연 비 율 (마일/갤런)	배기량	변 속 기	연 비 율 (마일/갤런)
VW Dasher	1.6ℓ	제 4 속 (수동)	23	1.4ℓ	제 4 속 (수동)	36
VW Rabbit	1.6ℓ	제 5 속 (수동)	26	1.4ℓ	제 5 속 (수동)	41
M. Benz 240 D / 280 E	2.8ℓ	제 4 속 (자동)	23	2.4ℓ	제 4 속 (자동)	27
Cadillac Eldorado	5.7ℓ	제 3 속 (자동)	14	5.7ℓ	제 3 속 (자동)	21
Oldsmobile Cutlass	4.3ℓ	제 5 속 (수동)	17	4.3ℓ	제 5 속 (수동)	25
Toronado	5.7ℓ	제 3 속 (자동)	16	5.7ℓ	제 3 속 (자동)	21
Oldsmobile Delta 88	4.9ℓ	"	17	5.7ℓ	"	21
Ninetyeight	5.7ℓ	"	16	5.7ℓ	"	21

특히 燃費의 향상을 위한 燃燒室의 직접 분사 실화는 大形기관보다 小形기관에서 적용되고 있으며 승용차용 기관에 대하여도 M燃燒室<sup>4)</sup> 등도 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

이 밖에도 大形車用機關에서는 運行經費 중에

서 큰 비율을 차지하는 윤활유·연료비 절감과 배출가스 및 소음대책 등의 공해문제에 관한 사항이 중요한 과제로 되고 있다.

최근의 대형차용 디젤기관은 燃費率의 改善, 輕量化, 高出力, 低騒音を 지향하며 터어보 과

급 방식의 기관이 증가하고 있다.

터보 과급 기관은 압축기 송출압력이 기관 회전 속도의 증가와 더불어 증가하므로 저속 영역에서 토오크 부족, 排氣煙이 농후해지는 결점이 있으므로 이를 보완하기 위하여 慣性過給을 조합한 컴바인드 방식(Combined Supercharging System)<sup>(5)</sup>이 제안되고 있다.

(3) 自動車用機關의 電子制御裝置

자동차용 기관의 燃料消費節減과 安全公害問題에 대한 最適制御의 필요성은 점차 증대되고 있으며 차량의 자동화는 각종 제어장치의 응용을 배가시키고 있다.

初期의 電子制御裝置는 주로 가솔린 噴射電子制御裝置(EGI), 전자 토오크 컨버터, 집중 경보장치 등이 주류를 이루어 왔다. 이러한 전자 제어장치는 마이크로 컴퓨터 등의 이용으로 더욱 다변화하게 되었고 최근에는 자동차산업의 半導體消費量이 점차 증가일로에 있다. 배기규제와 연료소비의 절감을 위한 노력은 電子制御氣化器와 같은 전자제어 기기 등을 가져 오게 하였다.

가솔린기관의 경우 주된 제어변수는 空燃比, 點火時期, EGR率 등이며 이들은 각각 動力性能, 排氣特性, 運轉性 등에 크게 영향을 미치는 것으로 알려져 있다.

이러한 제어변수를 운전조건에 알맞는 값으로 하기 위하여는 마이크로 컴퓨터에 의한 제어에 의존하지 않으면 안된다. 이와 같은 마이크로 컴퓨터를 사용한 기관제어는 종래에 개별적으로 이루어져 오던 변수의 제어를 상호 유기적인 연결을 가지고 제어하게 되므로 最適條件에 부합되는 기관의 제어를 할 수 있는 특징을 가지며 이러한 시스템이 이른 바 ECCS(Electronic Concentrated Control System)이다.

이 ECCS시스템은 점화시기제어, EGI 제어, EGR제어, 공회전 속도제어, 연료램프의 작동, 배기온도 경보, 공연비 모니터 램프 등의 제어를 포함하는 제어기구를 갖는다.

이와 같은 전자제어장치는 점차 확대되어 앞으로는 기관 운전조건에 알맞는 성능을 가질 수 있는 최적제어가 이루어질 것으로 기대되며 기

관 이외에도 각종 補機類의 電子制御가 기관의 요구성능을 充足시켜 주게 될 것으로 생각된다.

機關制御를 좀더 理想的으로 이루어지게 하려면 제어에 사용될 각종 센서와 設計技術의 進展이 併行되어야 하며 이를 위한 많은 研究가 經주되어야 할 것으로 생각된다.

(4) 機關의 燃費低減

(a) 가솔린기관

가솔린기관의 연비저감을 위한 요구조건으로는 열효율의 향상, 운전 조건의 最適化, 기관의 소형·경량화 등을 들 수 있다.

가솔린기관 자동차에 사용되는 구체적 燃費低減方法과 주요과제를 살펴 보면 다음과 같다.

① 효율의 향상: 효율향상을 도모하기 위한 방법으로 기관의 압축비를 높이는 방법, 연소속도를 증가시키는 방법, 희박 혼합기, 대량의 EGR 사용, 마찰손실 저감방법 등을 생각할 수 있다. 그러나 이러한 방법 역시 노킹, 연소 소음, 불안정연소 등을 수반하는 문제가 있다.

② 운전조건의 최적화: 저연비대책으로는 또한 기어비의 저하, 기관 실린더, 감속시의 연료 정지

공연비를 희박하게 하거나 또는 EGR을 많게 하면 燃費는 Fig. 1 과 같이 개선된다. 이러한 방법을 위하여 주로 기관의 가스유동을 개선시킨 헬리컬 포트 흡기관, 하이 스위얼드 포트 등을 만들어 기관 흡입가스 유동을 좋게 하고 있다.

Fig. 1 에서 보는 바와 같이 흡기의 스위얼드를 증진시키기 위하여 헬리컬 포트로 한 경우가

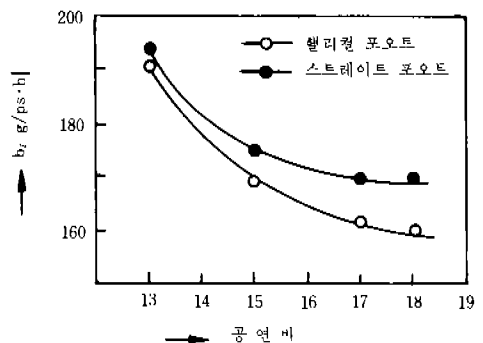


Fig. 1 공연비와 연료 소비율

스트레이트 포오트의 경우보다 개선됨을 알 수 있다.

한편 Fig. 2는 종래형 연소보다 연소를 급속히 이루어지게 하도록 2점화 플러그를 사용한 경우의 한 예이다. 평균 유효압력의 변동을  $\Delta P_i$  %를 비교하여 보면 2점화축이 A에 비하여 크게 개선됨을 알 수 있다.

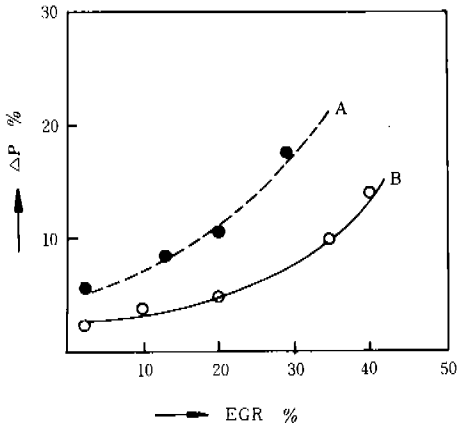


Fig. 2 EGR과  $\Delta P_i$  %의 관계  
(A: 종래형 연소, B: 급속 연소)

③ 마찰저감

기관의 燃費改善에 대한 마찰저감의 기여율은 높아서 마찰을 10% 저감시키면 약 5%의 燃費低減效果가 있다. 그러므로 최근의 기관은 신뢰성, 진동소음 등과 평형을 고려하여 마찰저감에 많은 노력을 경주하고 있다.

마찰저감을 위해서는 우선 하중의 경감, 왕복운동 부품의 중량경감, 미끄럼 속도와 미끄럼 면적을 적게 하는 방법, 補機驅動力의 低減 등의 방법을 이용한다.

④ 小形·輕量化

자동차용 기관의 소형 경량화는 직접 기관의 低燃費를 얻는 것은 아니지만 기구의 간소화, 치수의 축소, 경량, 고성능 재료란 사용함으로써 연료소비를 절감시킬 수 있으므로 실린더 블록 등의 두께를 얇게 하거나 또 中空 crank축을 사용하여 小形·輕量化를 도모하고 있다.

이 밖에도 실린더 헤드, 밸브 기구 등의 경량화를 위하여 中空 캠軸 등을 만들고 있으며 마그

네슘 헤드 카버, 樹脂製 헤드 카버 등을 사용하는 예도 있다.

(b) 디젤 기관

디젤 기관의 燃費低減을 위한 노력으로는 燃焼方式의 개선, 吸排氣, 燃焼室, 噴射系의 改善을 포함하는 燃焼改善, 마찰손실 저감 등을 들 수 있다.

① 燃焼方式과 연소효율 개선

연소방식의 경우 직접분사식과 부실식이 있으며 이들의 燃費率을 比較하여 보면 직접분사식이 부실식에 비하여 10% 이상 저감되고 있다.<sup>(6)</sup> 이것은 소형 고속 디젤기관의 실험 결과의 하나이지만 앞으로의 디젤기관의 소형 고속화에서는 연료소비 절감효과가 큰 직접분사식 기관이 많이 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

연소효율 향상을 위한 기관의 대책으로는 체적효율 및 공기 스위어를 증대시키기 위한 흡배기계의 개선, 연료 미립화특성을 개선시키기 위한 연료분사계의 성능향상, 연소실 형상, 연소특성을 개선시키는 3가지 관점에서 찾아볼 수 있다.

② 마찰손실의 저감

마찰손실의 저감은 가솔린기관과 근본적으로 같으나 기계적인 손실이나 補機驅動力損失등을 輕減시키는 노력이 필요하다.

마찰 평균 유효압력  $P_f$ , kg/cm<sup>2</sup>는 대체로 기관의 회전속도, 기관압축비 등에 따라 크게 변화하며 또 운전조건에 따라서도 영향을 받게 되므로 마찰손실 저감효과를 크게 하도록 설계되어야 할 것이다.

③ 低燃費域을 指向한 運轉條件의 改善

디젤기관은 가솔린기관과 같이 吸氣絞縮制御가 아니므로 낮은 부하에서 가솔린 기관보다 연료소비의 관점에서 유리한 것만은 사실이다.

그러나 고속시 기계적인 손실이 크므로 연료소비를 가장 적게 하는 영역인 低中速의 部分負荷로 사용하도록 하는 수법을 적용하는 경우가 많다.

이러한 목적으로 기관의 사용상태를 검지하여 저연비율 영역인가 아닌가를 감지하여 감속비제어, 최고속도의 저하, 기관의 사용점을 표시하

도록 하는 운행관리시스템 등을 이용하여 연료 소비를 절감하는 2차적인 방법을 강구하는 경우도 있다.

### 3. 맺음말

지금까지 주로 자동차용 연소기관의 주류를 이루고 있는 가솔린기관과 디젤기관의 최근동향과 몇 가지 연료소비 절감을 위한 문제점에 대하여 개괄적으로 살펴보았다.

앞으로 자동차용 기관은 앞에서 다룬 바와 같이 기존 기관에 대해서는 배출가스 유해성분의 저감을 위한 2차적인 저감책과 우리의 일상생활에서 환경공해원이 되고 있는 소음, 진동, 유해성분, 매연 등의 저감을 위한 적극적인 연구개발과 운행관리를 위한 기관 최적 운전 제어 등이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

또한 새로이 제작되는 기관에 대해서는 최적 연소 제어 시스템, 유해가스 배출을 저감시키기 위한 기관 연소성능 개선을 위한 많은 연구가 이루어져야 할 것이며 또한 좀더 편리하고 완벽에 가까운 연소특성을 갖는 기관을 개발하는데 이

분야에서 일하는 연구자, 학자, 전문기술인의 부단한 노력이 경주되어야 할 것으로 생각된다.

한편 에너지자원 절약의 관점에서 저질연료를 사용하는 기관이나 저공해, 저소음, 저연비와 아울러 연료에 대한 적응성이 높은 기관의 개발이 더욱 시급하다고 본다.

### 참 고 문 헌

1. 조선일보사; 월간 朝鮮, 1982年12月號, P. 301.
2. 대우자동차; 로얄 디젤 자동차 제원표
3. 蓮沼; “最近の自動車用ディーゼル機關,” 機械の研究 第32卷 第1號, P. 105.
4. 池上; “直接噴射式機關における燃焼,” 内燃機關 第9卷 第105號, P. 100.
5. K. Zimmer; “Some Particular Features of Exhaust Turbocharging,” Superecharging of Internal Combustion Engines, pp. 159~170, 1978.
6. Oikawa; “Improvement of Fuel Economy on Automotive Diesel Engines and Its Counter-Measures,” Internal Combustion Engines, Vol. 22, No. 284, P. 63.