

승용차용 휘발유에 대하여

I. 머리말

자동차 엔진을 설계, 개발하는 엔지니어는 연비향상, 주행성능, 가속성능, 좀더 깨끗한 배기가스, 그리고 낮은 고장을 등에 많은 신경을 써 왔으며, 특히 80년대 후반 기에는 엔진의 고효율화 추세에 따라 전자제어 되는 INJECTION ENGINE, TURBO CHARGED와 SUPERCHARGED ENGINE 및 Multi-Valve ENGINE 등이 계속 개발되고 있어 휘발유 개발에도 이에 부응할 수 있는 노력이 절실히 요구되고 있다.

휘발유는 4개의 탄소원자로 이루어진 부탄에서부터 11개나 12개의 탄소원자까지의 약 200여종의 탄화수소의 복합체로 알려지고 있으며, 요즘의 휘발유는 운전자의 요구에 맞추기 위하여 산소를 포함하고 있는 메타놀이거나 여타 첨가물을 넣어서 노킹, 산화성, 부식성등을 향상시키고 있다.

연료유에 대한 운전자의 요구는 대략 아래와 같이 간단히 요약될 수 있다.

1. 모든 운전조건에서 Hot fuel handling, 시동성 및 운전성이 확보되어야 한다(대기온도 영상 50℃~영하 30℃).
2. 좋은 연비.
3. 노킹이나 DETONATION이 없는 원활한 연소.
4. 흡기 시스템이나 연소실내부에 Deposit이 없는 연소.
5. 깨끗한 배기가스.

이러한 요구에 대하여 연료업계도 가장 경제적인 방법으로 대처를 해 나가야 되며, 이 과정중에서 연료업계와 자동차 업계는 끊임없는 협조와 의견교환이 이루어져야 한다고 생각된다. 필자는 이번 기회에 휘발유에서 가장 중요한 두가지 물성치인 옥탄가와 휘발성에 대해 거론하기로 하겠다.



李 賢 淳

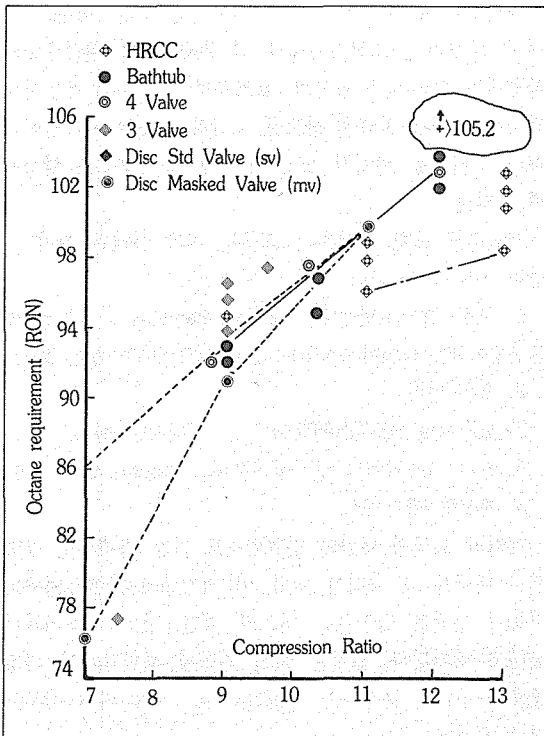
(공학박사·현대자동차
마북리연구소 수석연구원)

II. 옥탄가(Octane Number)

옥탄價는 휘발유의 물성에서 엔진의 성능을 좌우하는 가장 큰 요인이다. 옥탄가는 RON(Research Octane Number) 와 MON(Motor Octane Number) 두 종류가 있다. 옥탄가 시험에는 주로 단기통 압축비 가변의 CFR 엔진이 사용되고 있으며 RON은 600RPM에서 측정되며 저속영역의 연소상태에 영향을 미치며 MON은 900rpm에서 혼합기를 예열하여 결과적으로 연료에 열부하를 더 쉽게 주어 시험하며 실제 주행상태에서는 고속 고부하의 노킹에 영향을 미치게 된다. 그래서 휘발유의 옥탄가는 RON과 MON이 함께 규제가 되어있다.

또한 엔진에서는 같은 연료라도 압축비가 높을수록, 연소속도가 느릴수록 노킹이 심하게 발생하게 되며 압축비와 요구옥탄價의 관계는 아래 <그림-1>과 같이 나타난다. <그림-1>에서 보느바와 같이, 고출력, 고압축비의 Multivalue ENGINE은 높은 체적효율로 인한 노킹이 심해

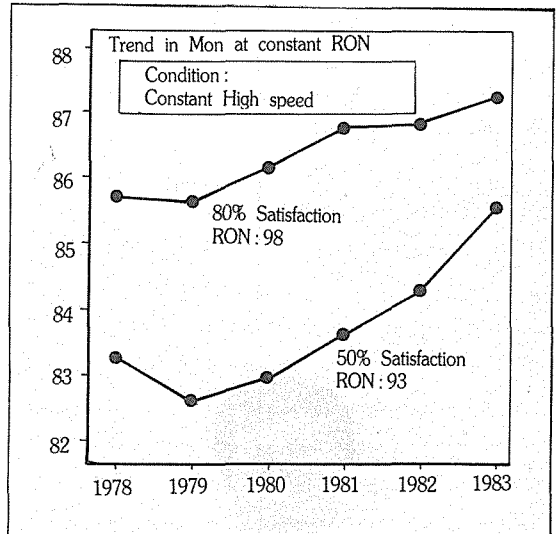
<그림-1> Octane requirement is for MBT at optimum mixture(c. 13 : 1AFR) Engine speed 30 rev/s



지며 요즈음의 차량에서는 RON과 MON이 모두 높아지는 추세이다. 보통 (RON-MON)은 8~12정도이며, 이는 정유과정에서 결정이 된다. 1978년에서 1983년까지 西獨에서 조사된 바로는 보통의 Low Load, Low RPM 영역 그리고 가속구간에서는 $0.51 \text{ RON} + 0.4 \text{ MON} = 84.6$ 이 되는 값에서 80%의 운전자가 만족을 하는 것으로 나타났으며, 정속 고속 주행에서는 $0.25 \text{ RON} + 0.75 \text{ MON} = 90.2$ 가 되는 점이 80%의 운전자가 만족하는 구간으로 나타났다. <그림-2>

고성능차가 증가하는 요즈음에는 MON의 값이 RON값보다 3배나 큰비중을 차지하므로 MON 값 1증가가 RON 값이 3증가하는 것과 같은 효과를 나타내므로 정유사에서는 이 점에 유의하여야 할 것이다.

<그림-2> Changes in Octane Requirement-over the Years an Increase in MON-Requirement



현재 KS-M 2612에서 규정하고 있는 無鉛휘발유의 옥탄가 규격은 외국의 연료규격과 비교하여 큰 차이가 없다.

RON은 91이상, MON은 83이상으로 되어있으며 이는 <표-1>에서 보느것과 같이, 거의 동일 수준이다.

<그림-3>에서는 美國 연료의 옥탄價가 연도별로 어떻게 변해 왔는가를 볼수 있다. 1974년 이래로 점차 보통 無鉛휘발유의 요구가 증대됨으로써 옥탄價가 서서히 떨어졌음을 보여준다. 그러나 고급 無鉛휘발유는 큰 변화가 없는 것으로 나타났으며 이는 아직도 고급 無鉛휘발유

〈表-1〉 Comparison of Unleaded Fuel Quality
Europe / USA / Japan / Australia

Grade	Area	Europe	USA	Japan	Australia
Regular	RON	(Germany 91*) Austria	91.5	90.5	91*~93* (max)
	MON	(Germany 82.5*) Austria	83	81	82*
Premium	RON	95*	96	98	—
	MON	85*	86.5	86	—

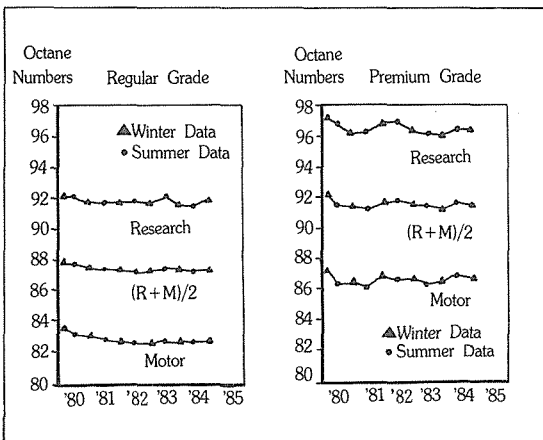
* Min. Specification

의 비중이 전체 휘발유시장의 20%정도밖에 되지 않음에
기인한 것으로 보인다.

日本의 고급 無鉛휘발유는 아직도 美國보다 높은 옥탄
가를 유지하고 있으며, 이는 현재의 시장점유율 10%가
향후 더욱 높아지면 日本의 고급 無鉛휘발유의 옥탄가도
美國수준으로 떨어질 것으로 예상된다. 韓國의 경우에도
앞으로 無鉛휘발유의 사용이 증가하고 고급휘발유가 요
구되는 고성능 승용차가 늘어나게 되면 한국에서도 고급
휘발유의 품질규격을 설정하여야 할 것이며, 이것은 자
동차 업체, 정유업체 그리고 정부와의 협의하에 이루어
져야 한다.

이 규격은 고성능 엔진의 설계 기준이 되어야 하며
고급휘발유의 사용이 증가하는 시점에서도 동일한 옥탄
가 수준을 유지하여야 한다.

〈그림-3〉 Unleaded Gasoline in USA
Trends in Characteristics of Octane Quality



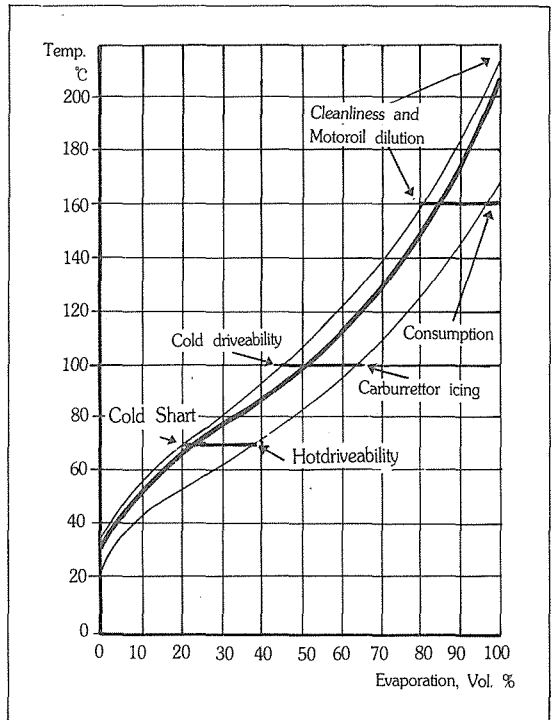
Ⅲ. 휘발성(Volatility)

휘발유의 휘발성은 차량성능-저온시동성, 저온운전성,
고온운전성, 기화기 빙결, 연비, 퇴적물 침적, 윤활유 희
석등-과 밀접한 관계를 갖는 성질이다.

〈그림-4〉는 증류곡선상의 각 영역이 차량성능과 어떠
한 관계를 갖고 있는가를 나타내고 있다. 아랫쪽의 가는
실선은 휘발성이 높은 연료의 증류곡선을 나타내는데,
휘발성이 높을수록 저온운전성, 기화기빙결, 난기후(暖機
後)의 연비가 나빠지고, 윗쪽 가는 실선은 휘발성이 낮은
연료의 증류 곡선을 나타내는데, 휘발성이 낮을수록 저
온시동성, 저온운전성, 윤활유 희석 및 퇴적물 침적이 심
해지게 된다.

따라서 단일 휘발성으로는 계절별 기온차이, 엔진의
열적인 영향에의 대처가 곤란해 지므로 각국의 휘발유
규격에서는 가솔린의 휘발성을 Reid-증기압, 분류성상의
10%, 50%, 90% 유출온도 및 기액비(氣液比)등을 통해 계
절별 및 지역에 따라 〈表-2〉와 같이 규제하고 있다.

〈그림-4〉 Influence of Volatility on Engine Performance



〈表-2〉 Motor Gasoline (자동차揮發油)

규격번호	ASTM-D-439(FS-VV-G-1690)					BS-4040			DIN-51600		CAN				JIS-K-2202		MIL-C-3056		KS-M-2612					
	1984(1982)					1985			1985		2-31-M		2-35-M		1986		1981		1986					
등급	A	B	C	D	E	별표2	별표3	별표4	고급	보통	유연무연				1호	2호	T-I		T-II		1호	2호	3호	4호
밀도 @ 15°C kg/l max									0.730	0.715	하기/동기													
중류성상, °C 10% max	70	65	60	55	50	유출온도°C 용량 %			온도°C		%				57/52		70	55~70	50	70				
50% max	77~121	77~118	77~116	77~113	77~110	70	10~45		70	15 20 -40 -45	118/113				125	90~115	71~95	125						
90% max	190	190	185	185	185	100	36~70		90	42 45 -65 -70	185				180	145~180	150	190						
97% max						180	90~		180	90 90					총정 220									
IBP/EP max	-1225					-1220			-1215															
간류율, Vol% max	2					2			2						2.0		2		2.0					
증기압, kg/cm ² max 년간/변동기	0.63	0.70	0.81	0.95	1.05										0.45~0.80		0.49 ~0.65	0.84 ~0.98	0.45~0.85					
하절기									0.46~0.71		0.77Max													
동절기	(R+M)/2								0.61~0.92		0.63~0.99				0.96까지 허용				0.98까지 허용					
V/L 채적비, 측정온도°C min	60	56	51	47	41										55 63									
채적비, max	20														10 30									

ASTM/FS등급구분	일최저기온	일최고기온
A	16이상	43이상
B	10 "	43미만
C	4 "	36 "
D	-7 "	29 "
E	-7미만	21 "

일반적으로 여름철 차량의 운전성은 차량의 디자인, 대기온, 휘발유의 휘발성에 영향을 받게 되는데 휘발성이 높아 증기발생량이 연료펌프의 증기 처리 능력을 상회하게 되면 기화기로의 연료공급이 원활하게 이루어지지 못해 연료의 부족현상이 발생되어 hot re-start, 공전성 및 가속능성이 나빠지며 심할경우 Stumble, Surge 또는

엔진이 꺼지는 Stall 현상이 발생하는 Vapour Lock 현상이 발생되거나 또는 기화기의 float실 내에서 연료의 국부적인 비등현상에 의해 기화기 분사 시스템을 통해 다량의 연료증기가 ENGINE으로 유입되어 농후 혼합기체에 의한 공전상태가 순조롭지 못하거나 hot restart가 어려워지는 Percolation현상이 일어난다.

이러한 현상은 차량이 고출력화, Aerodynamic Styling으로 인해 보니트가 낮아 짐으로써 심화되어지므로 자동차 회사에서는 연료계통의 개선을 통해 보완해 오고 있다. 또한 이러한 현상은 휘발유의 증기압과 輕質溜分の 沸点 등에 의해 영향을 받기때문에 ASTM규격(D439)에서는 베이퍼 로크를 일으키기 쉬운 평가 지표로써 氣液比

〈表-3〉 국내 정유회사의 제품규격

항목	회사명	油 公 湖		雙 龍		京 仁		
		油	公	油	雙	龍	京	仁
증기압(Reid 法) kg/cm ²	하절기	0.45~0.63 (6.1~8.31)		0.45~0.85	0.45~0.63 (6.1~8.31)		0.45~0.62 (6.1~8.31)	
	변동기	0.56~0.77			0.56~0.77		0.56~0.77	
	동절기	0.63~0.85 (11.1~3.31)			0.63~0.85 (11.1~3.31)		0.63~0.85 (11.1~2.28)	

〈表-4〉 韓國과 美國 몬타나州의 월평균 온도비교 및 연료등급

월 별	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
전국평균온도(℃)	-0.76	1.28	4.99	12.46	17.73	21.58	25.2	26.03	21.34	15.24	8.35	1.63
COLUMBIA MONTANA	-0.9	1.0	5.5	12.6	18.0	23.3	25.9	25.1	20.7	14.8	6.3	1.0
연 료 등 급	E	E	E/D	D/C	C/B	B	B	B	B/C	C/D	D/E	E

(V/L) (가솔린이 생성한 증기와 평형상태에 있는 액상에 대한 부피비이다)를 〈表-1〉과 같이 규제하고 있고, 유럽, 日本, 濠洲등에서는 증기압과 70℃까지의 유출량에 의해 산출되는 베이퍼 로크 지수

$$\text{즉 베이퍼 로크 지수} = \text{RVP} + 0.7\text{E70}$$

여기서 RVP: kpa

E70: 70℃까지의 유출량(%)

를 일반적으로 사용하고 있다. 이는 10% 유출온도나 Reid 증기압에 비해 베이퍼 로크와의 상관성이 좋기 때문이다.

우리나라의 경우 계절별 기온차가 상당히 크므로(-20℃ ~ +35℃) 휘발유의 휘발성에 따른 제반 문제점을 극복하기 위해 각 정유회사에서는 〈表-3〉과 같이 Reid증기

압을 기준으로 하절기, 변동기, 동절기 3가지로 임의 분류 생산하고 있으나, Reid증기압 뿐만 아니라 증류성상 및 氣液比(V/L)에 대해 종합적인 법적 규제가 필요하다고 생각한다. 한에로써 휘발성에 따른 등급을 美國의 지역별, 계절별 휘발성 등급표를 참고하여 韓國의 계절별 온도와 유사한 美國의 지역을 택해 그등급에 맞는 규격을 정하는 것이 바람직하다고 생각한다.

필자의 견해로는 〈表-3〉의 일일기온에 따른 ASTM 연료등급 비교자료와 표4의 자료를 통해 판단할때 하절기에는 A등급, 변동기에는 C등급, 동절기에는 D등급으로 분류하여 규제하는 것이 바람직하다고 생각한다. □

