

자동차용 연료의 품질 동향

Trends of Quality Control for Automotive Fuel



이 정 민 / 한국석유품질검사소
Joung Min Lee / Korea Petroleum Quality Inspection Institute

I. 개요

국내의 자동차 보유대수는 약 1,458만대(2003년 말)로 과거 20년 전의 52만대에서 28배로 대폭 증가하였다. 따라서 자동차 사용 연료 증가에 따른 배출가스로 인한 대기오염은 더욱 심각해질 전망이다. 국내의 경우를 예를 들면 2001년 말 전체 자동차 등 도로이동 오염원의 오염물질 배출량은 126만톤으로 전체 대기오염물질 배출량의 39%를 점유하고 있으며, 특히 서울을 비롯한 일부 대도시의 경우는 62%를 상회하고 있어 자동차 배출가스가 대도시 대기오염의 주범이라는 것을 잘 나타내 주고 있다. (2004 환경부, 환경백서)

이에 따라 우리나라를 비롯한 세계 각국에서는 저마다의 환경개선을 주요 목표로 자동차 배출가스 규제 및 연료품질 향상에 노력을 기울이고 있으며 대기질의 개선과 사용상의 안전성 제고 등을 목적으로 계속 저공해화, 고품질화되고 있으며 최근에 자동차 배출가스의 규제강화로 인한 자동차기술 향상에 발맞추어 자동차용 연료의 요구품질은 더욱 강화되고 있는 실정이다.

이에 본 고에서는 자동차 성능 및 배출가스와 밀접한 관계가 있는 국내 자동차용연료의 품질 모니터링 결과 및 국외 품질동향과 향후 품질기준 강화 추이 현황 등을 기술하고자 한다.

II. 품질기준의 규제 현황

현행 자동차용 연료의 품질은 석유사업법 및 대기환경보전법에서 동시에 규제하는 이원적인 체제를 갖추고 있다. 석유사업법의 자동차연료 품질기준은 그 간의 미비한 기준을 보완하여 2003년 10월 31일자로 개정되었다(산업자원부 고시 2003-68호). 주요 개정내용으로 자동차용휘발유의 경우 사회적인 문제로 되고 있는 알코올연료의 유통과 관련하여 알코올연료 사용 시 고무팽윤, 알루미늄 부품의 부식 및 이로 인한 화재, 유해 배출가스(질소산화물, 알데히드) 증가 등을 고려하여 메탄올 함유량이 새롭게 규제 항목으로 신설되었다. 아울러 자동차용 경유는 "성능"요소로서 황분 규제강화에 따라 경유 기재(基材)의 수첨탈황공정 결과, 윤활성을 가진 다환방향족, 헤테로화합물 등이 제거됨에 따른 윤활성 저하

가 승용 또는 경부하 경유 차량의 연료분사장치 (CRDI : Common Rail Direct Injection)의 고장원인으로 작용할 수 있으므로 운할성 기준을 신설하였고 유동점의 흑한기 품질기준 적용기간의 조정 및 국외와 같이 물과 침전물의 품질기준을 수치화(0.02 부피 %이하)하였다.

또한 대기환경보전법의 “자동차연료 및 첨가제 제조기준”은 2003년 12월 10일자로 자동차용휘발유에 대하여는 증기압, 황분 및 방향족함량의 강화, 경유의 경우는 운할성, 황분 및 다고리방향족을 항목을 추가 또는 강화하여 2006년부터 시행하도록 제조 기준을 다음과 같이 개정하였다.

〈자동차용 휘발유 품질 및 제조기준〉

항 목	등 급	석유사업법(2004. 12. 20 개정)		대기환경보전법(2003. 12. 10 개정)	
		1호 (보통휘발유)	2호 (고급휘발유)	2005. 12. 31까지	2006. 1. 1부터
옥탄값 (리서여치법)		91이상~94미만	94이상		
중류성상	10%유출온도 (°C)	70이하			
	50%유출온도 (°C)	125이하			
	90%유출온도 (°C)	175이하		175이하	175이하
	종말점 (°C)	225이하			
	잔류량 (부피 %)	2.0이하			
물과침전물 (부피 %)		0.01이하			
동판부식 (50°C, 3h)		1이하			
증기압 (37.8°C, kPa)		44~82(여름용: 44~70, 겨울용:44~96)		70이하	65이하
산화안정도 (분)		480이상			
세척현존검 (mg/100mL)		5.0이하			
황분 (mg/kg)		130이하		130이하	50이하
색상		노란색	초록색		
납 함량 (g/L)		0.013이하		0.013이하	0.013이하
인 함량 (g/L)		0.0013이하		0.0013이하	0.0013이하
방향족화합물 함량 (부피 %)		35이하		35(30) 이하	30(27) 이하
벤젠 함량 (부피 %)		1.5이하		1.5 이하	1.0 이하
올레핀 함량 (부피 %)		18(23)이하		18(23) 이하	18(21) 이하
산소 함량 (무게 %)		0.5이상~2.30이하(겨울용:1.00이상~2.30이하)		1.0이상~2.30이하	1.0이상~2.30이하
메탄올 함량 (무게 %)		0.1 이하			
주) 1. 생산·수입단계검사의 여름용기준은 6월 1일부터 8월 31일까지, 겨울용기준은 11월 1일부터 다음해 3월 31일까지, 유통단계검사의 여름용기준은 7월 1일부터 8월 31일 까지 겨울용기준은 11월 1일 부터 다음해 3월 31일까지 적용한다. 2. 올레핀 함량에 대하여 ()안의 기준을 적용할 수 있다. 이 경우 방향족화합물함량을 30 이하로 한다. 3. 산소함량은 MTBE(메틸 t-부틸 에테르)에 함유되어 있는 산소량을 말한다.			비고) 1. 올레핀 함량에 대하여 ()안의 기준을 적용할 수 있다. 이 경우 방향족화합물함량을 ()안의 기준으로 적용한다. 2. 위 표에도 불구하고 벤젠함량은 2005년 1월 1일부터 1.0이하로 한다. 3. 매년 4월 1일부터 10월 31일까지 출고되는 제품에 대하여는 산소 함량을 0.5이상 2.30이하 로 한다. 4. 증기압기준은 매년 6월 1일부터 8월 31일까지 출고되는 제품에 대하여 적용한다.		

(자동차용 경유 품질 및 제조기준)

항 목	등급	석유사업법(2004. 12. 20 개정)	대기환경보전법(2003. 12. 10 개정)	
		자동차용	2005. 12. 31까지	2006. 1. 1부터
유동점 (°C)		0.0이하(겨울용:-17.5이하)		
인화점 (°C)		40이상		
동점도 (40°C, mm ² /s)		1.9~5.5		
증류성상(90 % 유출온도, °C)		360이하		
10 %잔유중 잔류탄소분(무게%)		0.15이하	0.15이하	0.15이하
황분 (무게 %)		0.0430이하	430ppm 이하	30ppm 이하
회분 (무게 %)		0.020이하		
세탄값 (세탄지수)		45이상		
동판부식(100°C, 3h)		1이하		
필터막힘점(°C)		-16이하		
밀도@ 15°C(kg/m ³)		815이상~855이하	815이상~855이하	-
물과 침전물 (부피%)		0.02 이하		
윤활성@60°C (HFRR, 마모흔경,µm)		460 이하	-	460이하
다고리방향족(무게%)		-	-	11 이하
주) 1. 겨울용 기준은 생산·수입단계검사는 10월 1일부터 다음해 3월 31일까지, 유통단계 검사는 11월 1일부터 다음해 3월 31일까지 적용한다. 다만, 자동차용의 경우 3월16 일부터 3월 31일 까지 생산·수입단계 및 유통단계검사는 -12.5°C를 적용한다. 2. 필터막힘점은 혹한기(11월 15일부터 다음해 2월 28일까지)에 생산·수입단계검사 에만 적용한다. 3. 윤활성은 생산·수입단계검사에 한하여 2005년 1월 1일부터 적용한다. 다만, 2004년 12월 31일까지는 권장규격으로 한다.		비고) 2006년 1월 1일 이후 적용되는 밀도기준은 실 증시험결과를 토대로 2004년 1월 1일 이후 환 경부장관이 정하여 고시한다.		

III. 국내 자동차 연료 품질 현황

자동차용연료는 원유의 정제과정에서 나오는 반제품을 자동차용연료로서의 품질기준에 부합되도록 정제과정 중 최종적으로 혼합공정에 의하여 제조 및 품질 관리를 통하여 제조되고 있다. 본 장은 한국석유품질검사소가 2004년 월별, 유종별 생산자단계 자동차연료인 자동차용휘발유 및 경유의 주요항목별 품질추이를 모니터링하고 이를 분석한 것이다.

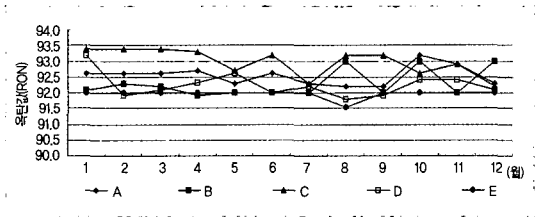
주) 정유사는 영문 알파벳을 사용, 무순으로 표기하였음.

1. 자동차용 휘발유

가. 옥탄가 (RON : Research Octane Number)

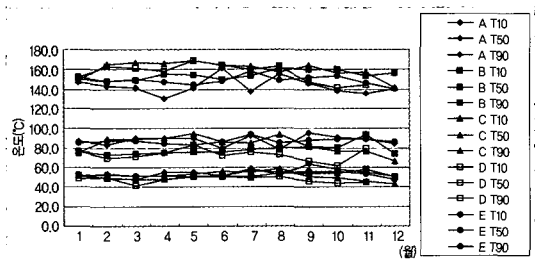
자동차용휘발유의 안티노크성(차량의 녹킹을 억제하는 능력)을 나타내는 수치적인 지표로서 안티노크성이 높은 이소옥탄(옥탄가 100)과 낮은 헵탄(옥탄가 0)을 혼합한 표준 연료와 시료의 안티노크성을 비교하여 표준연료 중의 이소옥탄의 부피백분율을 시료의 옥탄가로 나타내며 국내의 경우 리서취옥탄값을 기준으로 하며 보통휘발유는 자동차의 설계시 연료 충분조건으로 91이상~94미만으로 규제하

고 있으며 국내산 보통휘발유의 평균값은 92.4의 품질을 유지하고 있다



나. 증류성상 (Distillation)

엔진의 시동성, 가속성, 출력, 연비 및 착화성 등을 평가할 수 있는 항목으로서 초류점 및 10% 유출온도는 시동성, 50% 유출온도는 주로 가속성 및 연비, 90% 유출온도는 검상 물질생성 및 퇴적물 등과 관련한 시험항목으로 90% 유출온도의 경우 너무 높으면 연소불량을 일으켜 연소실내에 퇴적물이 쌓이거나 피스톤에 탄소(카본) 퇴적의 원인으로 되며, 일부는 윤활유를 희석(윤활유 열화 촉진) 시키고 연료소비량을 증가시킴과 동시에 실린더 내면을 마모시키며 50%와 90% 유출온도는 탄화 수소 배출과도 관련이 있어 적절한 수치로 관리하는 것이 요구되며 이는 배출가스와도 깊은 상관성이 있다.

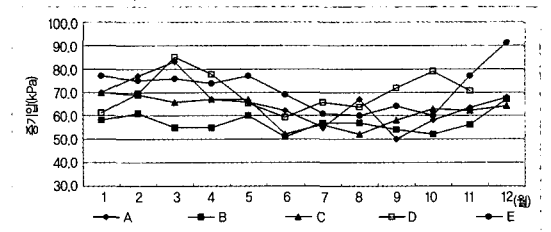


다. 증기압(Reid Vapor Pressure)

석유제품이 밀폐용기내에서 증발하여 액체와 증

기와의 압력이 평형이 될때의 증기압력을 증기압이라고 하고 휘발유의 증기압은 특히 C4탄화수소(부탄)의 함유량에 크게 좌우되며 불꽃점화식 엔진을 시동하기 위해서는 엔진 연소실내의 혼합기의 공燃比가 대략 7:1~20:1의 가연범위에 들어 있어야 한다. 증기압이 너무 낮으면 겨울철 저온 시에 증기가 생성되지 않아 시동성이 악화되고 반대로 증기압이 너무 높으면 여름철 고온 시에 휘발유가 연료공급 라인 중에서 다량 증발하여 혼합기를 너무 얇게 만들어 아이들링 불량, 가속성 불량 또는 엔진이 정지되는 Vapor Lock 현상이 발생된다.

또한, 증기압은 Evaporative Emission(증발가스) 과도 관계하여 여름철 증기압이 높을 경우 VOC(휘발성 유기화합물)을 대량을 유발시켜 오존이 생성되는데 기여하기도 하며 수송, 저장의 안전성 지표, 실용성능의 지표로도 활용되고 있다. 국내 평균은 여름용의 경우 59.2, 겨울용의 경우 68.5kPa의 적정 품질추이를 나타내고 있다.

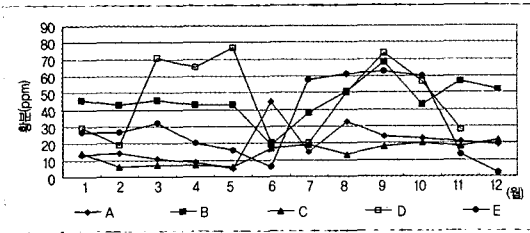


라. 황분 (Sulfur Content)

원유 중에 함유되는 황화합물에는 遊離狀, 원소상 황, 황화수소, 메르캅탄, 디설페이트류, 티오펜류 등 많은 종류가 있으며 석유유분의 끓는점이 높을수록 복잡한 화학구조의 황화합물을 함유하고 있으며 황화합물은 연소하여 SOx로 되어 대기중으로 확산되어 산성비 등 대기 및 토양 오염을 유발시키며 자

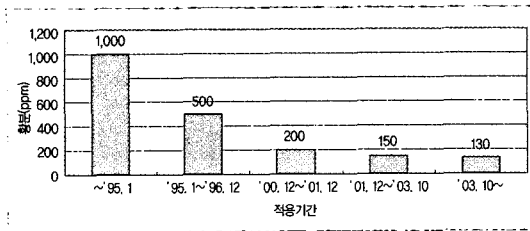
Special Edition

동차 배출가스의 정화를 위해 가솔린 차량에 장착된 삼원촉매를 연료 중의 황화합물이 이들 촉매를 피독시켜 기능을 저하 또는 상실시키므로 최근에는 Sulfur Free가 요구되고 있다. 휘발유 중의 황분은 미국(캘리포니아주) 40ppm 이하(미연방은 2005년부터 30ppm 이하), 유럽 150ppm 이하(2005년 50ppm 이하)로 규제되고 있으며 국내 정유사 평균 값은 32ppm이다.



석유사업법상 황분 품질기준은 1995년 이전 1,000ppm에서 단계적으로 강화되어 현재는 130ppm 이하의 품질기준을 설정 운용 중이며 또한 대기환경보전법의 자동차연료제조기준은 2006년 1월 이후 50ppm이하로 강화될 예정이다.

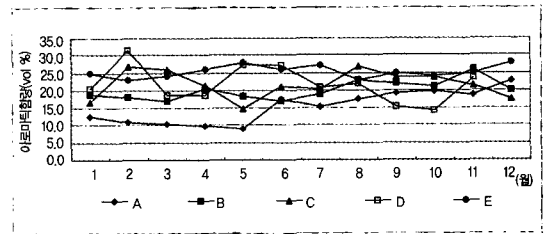
(황분 품질기준 추이)



마. 방향족 (Aromatic Content)

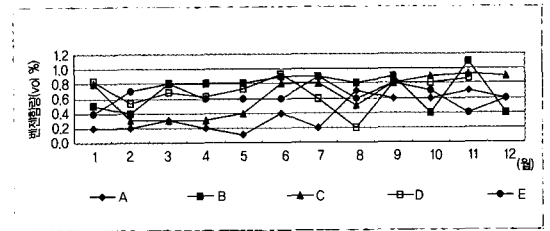
벤젠, 톨루엔, 크실렌 등으로 대표되는 물질로서 벤젠환을 갖는 탄화수소를 말하며 방향족화합물이 많아지면 엔진의 연소실 퇴적물과 배출가스(특히 CO₂)가 증가하며 또한 미국과 유럽의 Auto/Oil

Program 결과에서는 방향족화합물이 많을수록 발암성물질인 벤젠을 많이 배출시키는 것으로 나타났다. 선진국에서는 방향족 함량을 미국(캘리포니아주)이 25부피%이하, 유럽이 42부피%이하(2005년에는 35부피%이하)로 규제하고 있다.



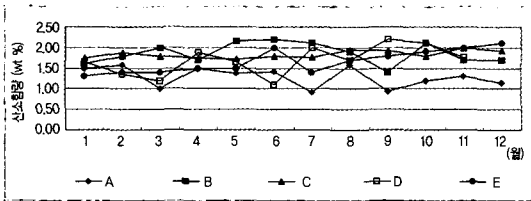
바. 벤젠 (Benzene)

방향족화합물중 가장 분자량이 작은 물질로 방향족 특유의 냄새를 가지고 있는 무색, 휘발성의 액체로 IARC(국제암연구기관), EPA(미국환경보호청), ACGIH(미국산업위생 전문가회의)에서 발암성(급성 골수성 백혈병) 물질로 지적하고 있으며 휘발유 중의 벤젠과 건강피해와의 인과관계는 현재 명확히 밝혀지고 있지 않지만 엔진의 상태에 따라 휘발유 중의 벤젠의 일부는 연소되지 않고 배출되기 때문에 벤젠함량이 증가하면 배출가스 중의 벤젠도 증가하는 경향이 있는 것으로 확인되고 있다. 또한 미국, 유럽, 일본 등의 선진국에서의 벤젠함량은 모두 1부피%이하로 규제하고 있으며 국내 정유사 평균은 0.6 부피%이다.



사. 산소함량(Oxygen Content)

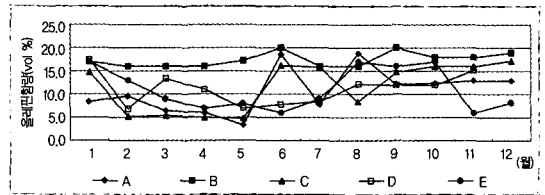
합산소화합물이란 휘발유의 옥탄가 향상 또는 대기오염 개선을 위해 첨가 될 수 있는 MTBE, 에탄올 등 산소원자가 포함된 물질로서 휘발유 중의 산소함량이란 전체 휘발유 대비 합산소화합물의 산소량의 비(무계%)를 말하며 국내에서는 합산소 화합물로 MTBE만을 사용토록하고 있다. 선진국에서는 옥탄가향상基材, 저에미션 대응基材로 사용되어 왔으며, 특히 미국에서는 CO기준 미달성지역에 도입된 합산소연료의 배합 등에 중심적인 역할을 해 왔으나 최근 미국에서 지하수, 호수 등에의 혼입문제가 발생되어 캘리포니아주를 비롯한 여러주에서 MTBE를 사용하지 않는 방침을 정하고 있지만 (캘리포니아주 2002년까지만 사용), 유럽에서는 계속 사용할 것으로 전망되며 산소화합물은 미국 (캘리포니아) 1.8~2.2, 유럽 2.7 무계%이하로 규제되고 있으며 국내정유사 평균은 1.68 무계%이다.



아. 올레핀 (Olefin Content)

올레핀이란 이중결합 구조를 가지는 지방족 불포화탄화수소를 총칭하며 올레핀은 대부분 고옥탄가 물질이지만, 연소 시 엔진내에 퇴적물 (찌꺼기)을 생성시키고 반응성 (오존생성)이 있는 탄화수소와 유해물질을 배출시킬 수 있다. 미국의 Auto/Oil Program 결과에 의하면 올레핀 함량을 20%에서 5%로 저감시킬 경우 오존생성 가능성이 LA 약 20%, 뉴욕 약 29% 저감되는 것으로 나타났으며 올

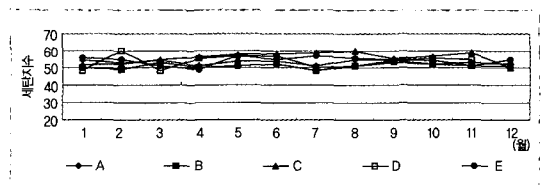
레핀 함량은 미국 (캘리포니아주) 6부피% 이하, 유럽 18부피% 이하로 관리되고 있으며 국내 정유사 평균은 12.4 부피% 이다.



2. 자동차용 경유

가. 세탄지수(Cetane Index)

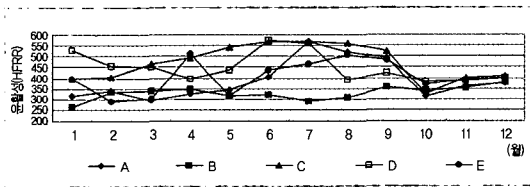
경유의 착화성을 나타내는 지표로서 세탄가가 높을수록 착화성 (연비) 우수하다. 세탄가는 세탄가를 알고 있는 표준연료의 착화성과 시료의 착화성을 비교하여 결정한다. 현재 자동차용경유에 대한 석유사업법 품질기준은 세탄가를 세탄지수와 동등하게 규정하고 있으며 이들 두값은 근소한 차이는 있을 수 있으나 이들의 상관성을 고려하여 설정된 것이다. 세탄가는 실측시험방법이며 세탄지수는 밀도 및 증류유출온도(10, 50, 90%) 시험값을 이용하는 계산식으로 부터 얻어진다. 국내 평균 세탄지수값은 54 이다.



나. 윤활성(Lubricity)

환경기준 강화로 인한 경유의 황분 규제 수준에 부합하기 위하여 원유에서 나오는 경유 기재(基材)

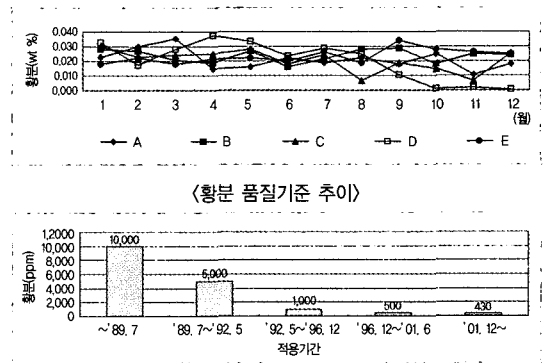
는 수첨탈황 공정(Hydroprocessing for Desulphurization)이 필수적으로 요구되고 있고 동 공정으로 인한 윤활성의 지표인 극성분자, 방향족화합물, 고분자 화합물, 황분 등 극압성분의 분쇄로 윤활성이 열악하게 된다. 윤활성 악화는 승용 또는 경부하 경유차량의 연료분사펌프 고장 원인이 될 수 있으므로 현대의 경유 자동차는 연료분사기술에 적절한 윤활성 품질 기준을 요구하고 있다. 따라서 국내의 경우 2006년 30ppm으로의 황분저감 정책 및 현재 빈번하게 발생하는 소비자 문제로 인한 소비자 보호차원에서 2005년 1월부터 외국의 품질기준 및 국내의 실정을 고려하여 석유사업법 품질기준에서 추가하여 규제하고 있다.(2004년까지는 권장기준) 2004년도 국내 정유사의 평균 윤활성은 409 μ m를 유지하고 있다.



다. 황분 (Sulfur Content)

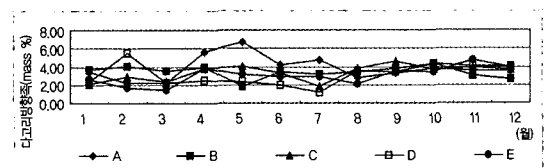
석유사업법상 0.043wt% (430ppm)이하로 엄격히 규제되고 있는 황분은 5개 정유사 모두 품질기준이 상으로 상당히 낮게 생산·관리되고 있으며 자동차 용휘발유와 동등하게 1989년 7월 이전 10,000ppm에서 단계적으로 강화되어 현재의 430ppm의 품질 기준을 설정하여 이에 부합하도록 관리되고 있다. 또한 대기환경보전법상 자동차연료제조기준은 2006년 1월부터 30ppm으로 품질기준을 강화할 예정이며 이의 전단계로 수도권대기질개선에관한특별법의 시행으로 2005년 10월 이후 수도권지역을 대상으로 관련

세계의 지원방법을 통하여 30ppm의 황분 기준에 적합한 자동차용경유연료를 사용토록하고 있다. 2004년 국내정유사의 평균값은 0.022무계%의 품질을 나타내고 있다.



라. 다고리방향족 (Poly-aromatic Hydrocarbon Contents)

오존생성 및 입자상물질의 핵생성물질로 인체에 유해한 발암성 물질로 규제 대상이 되고 있는 다고리방향족 (PAH)의 국내평균값은 3.3 무계%이다.



IV. 결론

지금까지 앞에서 살펴본 국내 자동차용연료(휘발유 및 경유)의 품질과 국의 주요국의 품질기준과의 비교 결과는 다음과 같다. 전반적인 품질은 규제 기준에 비해 환경적인 요소가 크게 향상된 품질추이를 보이고 있다.

〈자동차용휘발유 주요항목별 선진국과의 비교표〉

항목	영국 BS EN 228	일본 JIS K 2202	한국 석유사업법	국내평균값
옥탄값(리서취법)	90이상	89이상	91~94	92.4
증기압(37.8°C, kPa)	45~70 (겨울용 70~100)	44~78 (겨울용 44~93)	44~82 (겨울용 44~96)	59.2/68.5
황분(wt%)	150질량ppm이하	0.01이하 (100ppm이하)	130질량ppm 이하	32
벤젠함량(vol%)	1.00이하	1이하	1.50이하	0.6
올레핀함량(vol%)	21.00이하	-	18(23)이하	12.4

〈자동차용경유 주요항목별 선진국과의 비교표〉

항목	영국 BS EN 590	일본 JIS K 2204	한국 석유사업법	국내평균값
황분(wt%)	350질량ppm 이하	0.05이하 (500ppm이하)	0.0430이하 (430ppm이하)	0.022
세탄값(세탄지수)	46이상	45이상	45이상	54
윤활성(wsd, 60°C)	460이하	-	-	409
다고리방향족 (무게%)	11이하	-	-	3.3

국외의 경우도 환경적요인을 주로 반영되는 연료 기준을 강화하고 있으며 금후의 품질기준은 환경, 성능 및 안전적인 3개 요소가 상호 고려되는 종합적인 품질 기준이 될 것이다.

국내의 경우 석유제품의 품질기준은 대기환경보전법 및 석유사업법에서 이원화 되어 관리되고 있으며 현재 환경부의 “자동차연료제조기준”에 따르면 2006년 이후 배기가스저감의 환경적요인이 주로 고려된 품질기준으로 황분 등을 외국의 수준으로 크게 강화하고 있다. 이 추세는 업계의 경제적인 측면은 별개로 하여 연료의 기능 및 환경친화화를 위한 변화 모색으로서 지속될 것이다.

자동차용 연료의 적정한 품질수준을 확보하는 것은 자동차용 연료를 둘러싼 안전, 환경 등의 문제의 대응 관점에서 중요한데, 이러한 연료품질 개선과 더불어 이것을 사용하는 자동차 제작사에서도 대기환경 개선이나 지구온난화 방지 등의 문제에 적절하게 대응하고 자동차 배출가스 저감이나 연비 향상 등에 참여하여야 할 필요가 있다. 또한 정부에서도

더불어 자동차 배출가스 저감이나 연비 향상 등을 추진하기 위한 정책으로 지속적인 연료품질 개선을 적절히 강구하여야 할 필요가 있다.

한편 자동차용 연료품질에 관해서는 중장기적으로 검토하여야 할 과제가 있는데 앞으로도 연료품질을 둘러싼 사회적 정세의 변화나 연료기술·자동차기술의 진전, 이제까지의 정책에 의한 효과의 평가 등을 근거로 하면서 시의 적절하게 검토를 이어나갈 필요가 있다.

이러한 검토에 대해서는 장래 자동차기술이나 연료기술의 동향, 자동차 배출가스의 저감에 의한 대기환경개선 효과 등을 근거로 하는 것이 중요하다. 이러한 의미에서 현재 석유업계와 자동차업계와의 공동연구인 일본의 석유활성화센터 주도의 JCAP (Japan Clean Air Program)과 같이 최첨단 자동차기술과 연료기술의 조합에 의한 배출가스나 이산화탄소 배출에의 영향 평가 등은 각종 정책의 환경개선 효과를 정량적으로 평가하는 데 요구된다 할 수 있겠다.

(이정민 기술정보팀장 : jmleekr@kpaq.or.kr)