

연비 및 배기규제가 엔진유에 미치는 영향과 가솔린엔진유의 신규격 동향

Impact of Emissions and Fuel Economy Regulations on Engine Oils and Trends of Specifications of Passenger Car Engine Oils

문 우 식 · SK 수석연구원
Woo Sik Moon · SK Corporation

류 재 곤 · SK 선임연구원
Jae Kon Ryoo · SK Corporation

1. 서론

최근 지구온난화, 대기오염, 에너지자원 보존에 대한 관심이 증가되고 규제가 강화됨에 따라 대체에너지 개발과 배기저감 기술 그리고 연비향상 기술 개발이 더욱 절실히 요구되고 있다. 국내의 자동차 배기규제는 선진국과 거의 동등한 수준으로 강화되고 있으며 자동차기술도 연비 및 배기저감의 측면에서 거의 동등한 수준을 유지하고 있다. 강화되고 있는 이러한 규제를 만족하면서 소비자가 요구하는 자동차의 주행성, 안전성, 메인테넌스 등과 관련된 고성능화가 지속적으로 추구하고 있다. 이러한 자동차기술의 발전에 대응하여 엔진유의 성능도 지속적으로 개선되고 있다.

지금까지도 그랬지만 향후에도 자동차용 엔진오일의 가장 큰 품질 목표는 자원 활용과 환경 보호, 고객 만족이 될 것이다. 이들 세가지 목표는 엔진오일의 연비 향상, 배기정화장치에 미치는 영향의 최소화, 고온사용한계의 확대, 엔진오일의 유효사용기간

연장 등으로 표출된다. 이를 위해서는 윤활유의 첨가제와 기유 양쪽의 기술진보가 필수적이며 결코 쉬운 일은 아니다. 특히 가장 어려운 일은 장래의 엄격한 배기가스 규제를 만족하기 위해서 인(P) 화합물과 황(S) 화합물을 대체하는 것이다. 첨가제의 대체는 연비 향상과 연비 지속성을 계속 개선하고 수명 연장을 하는 목표를 동시에 달성해야 한다는 점에 어려움이 있다. 이런 목표를 달성하기 위해서는 획기적인 기술의 개발이 필요하다.

자동차의 연비 향상과 유해배출가스 저감을 위해서는 자동차와 엔진기술 개발 외에도 연비와 배기에 큰 영향을 미치는 엔진유의 성능 개선을 빼놓을 수 없다. 엔진유의 성능 개선은 환경을 보호하기 위한 엔진의 기능을 높이는 데 도움을 주고 또한 엔진의 저공해기능을 엔진유가 저해하지 않으면서 동시에 엔진유 자체가 환경오염을 발생하지 않도록 하는 것으로 집약할 수 있다. 환경 보호를 위한 엔진의 기술 및 이에 영향을 주는 엔진유의 특징을 정리하면 <표 1>에서와 같다.⁽¹⁾

〈표 1〉 환경문제와 엔진유의 관계

환경문제와 대책	필요한 대응	엔진 측면에서 대응	엔진유의 요구
지구온난화		저마찰 엔진	저점도화 저HTHS점도 저 증발성 마모방지성 개선 저온특성 개선 마찰저감제 사용
CO ₂ 배출저감	연비 개선	단위당 출력증대 엔진경량화/저오일량 신기구엔진 가솔린직접분사 하이브리드 카	연비향상 지속성 열안정성 개선 오일 내구성
대기오염	HC, NO _x , CO 저감	배기가스정화촉매	Soot 제어 내마모, 열화방지 정화촉매 피독 저감
배기가스 정화		CNG, EV, 하이브리드	인(P) 함량 줄임 저오일 소모
산업폐기물 저감	폐유저감 유해물질저감		오일교환주기 연장 산화안정성 유지 안전성 향상 저방향족, 저염소화

엔진유는 연비 향상을 위해서 저점도화, 저마찰화가 필요하고 고효율엔진의 가혹한 사용조건에 견딜 수 있기 위해서는 열산화안정성이 더욱 강조되고 있다. 저공해를 위해서는 오일의 저소모화와 저인(P)화 및 저황(S)화 등이 요구되고 있다.^(2,3) 이런 요구 사항은 각종 엔진유 규격에 반영되고 있으며 엔진유의 성능 개선은 신규규격의 제정 또는 기존규격의 개정을 통해 이루어지고 있다. 이에 본고에서는 가솔린엔진유의 최신 규격의 동향을 살펴보고 이를 충족시키기 위한 가솔린엔진유의 기술에 대해 정리하였다.

2 가솔린엔진유의 요구성능 및 규격

과거 가솔린엔진유에 대한 요구성능은 엔진의 고

성능화에 기인되어 변화되어 왔으나 근래에는 연비 향상 및 배기가스 대응과 관련된 지속적인 성능개선이 요구되고 있다. 1972년에 도입된 API SE에서는 고온에서의 오일열화에 기인한 점도상승이 문제가 되어 Seq.IIIC시험이 개발되었으며 API SF (1980년)에서는 밸브의 마모방지성능의 향상이 요구되어 고온 마모방지성과 저온 마모방지성을 평가하기 위하여 Seq.IIID와 Seq.VD 시험이 각각 도입되었다. 그리고 1988년에는 저온슬러지가 문제가 되어 Seq.VE시험이 개발되어 슬러지 분산성능이 강화된 API SG가 도입되었다. 가솔린엔진유는 이와같은 엔진기술과 요구성능에 대응하여 그 품질규격이 변경되고 그에 따른 제품이 개발되어 왔다. 가솔린엔진유에 요구되는 주요성능의 예로서 전세계적으로 가

특집 자동차 연료 및 윤활유

〈표 2〉 가솔린엔진유의 요구성능과 규격변천

API	SF	SG	SH	SJ	SL
ILSAC	-	-	GF-1	GF-2	GF-3
도입시기	1980.3	1988.3	1993.8	1996.1	2001.7
베어링부식 방지성	CRC L-38	CRC L-38	CRC L-38	CRC L-38	CRC L-38 (무연가솔린)
방청성	Seq.IID	Seq.IID	Seq.IID	Seq.IID	Ball Rust Test (벤치시험)
고온산화 안정성	Seq.IIID	Seq.III E	Seq.III E	Seq.III E	Seq.III F
저온청정성	Seq.VD	Seq.V E	Seq.V E	Seq.V E	Seq.V G
동변계마모	Seq.IIID, VD	Seq.III E, V E	Seq.III E, V E	Seq.III E, V E	Seq.IV A(KA24E)
고온청정성	-	Cat.1H2	-	TEOST	TEOST MHT-3
저연비성	5 Car('83)	Seq.VI	Seq.VI	Seq.VI A	Seq.VI B
배기촉매 보호성	-	-	0.12 %max (인함량)	0.10%max (인함량)	0.10%max (인함량)
증발감량(Noack)	-	-	25%max	22%max	15%max
고온소포성	-	-	보고	200 / 50	100 / 0
전단안정성*	-	-	CRC L-38	CRC L-38	CRC L-38

* Stay in Grade (10 h) : Stripped Viscosity (100℃)

장 많이 사용되고 있는 API(미국석유협회) 서비스 성능규격의 변천을 〈표 2〉에 정리하여 나타내었다.

API 규격은 1980년대까지는 현장에서 엔진유를 사용중에 발생하는 문제에 대응하기 위해 규격이 제정되었지만 1990년대에 들어서는 자동차 제조사들이 정부의 환경규제(CAFE, Federal Clean Air Act)를 충족시키기 위해 엔진오일에 연비 개선 및 저인화 요구를 하면서 규격의 개정이 일어난다. 규격 항목이 증가하고 규격의 사용기간이 짧은 것은 엔진유에 대한 요구가 강화되고 있음을 의미한다.

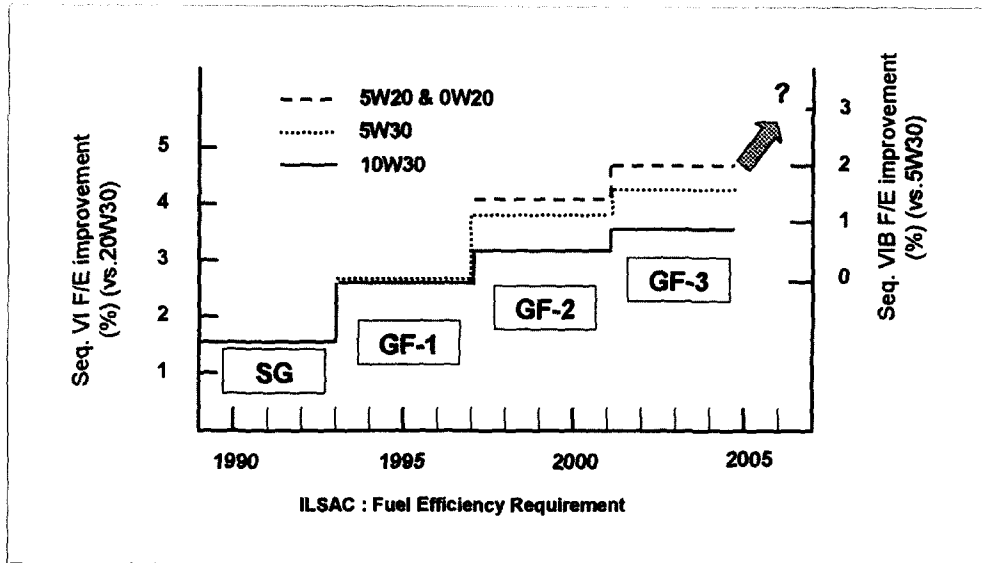
ILSAC/API규격은 현재 GF-2/SJ가 1996년부터 적용되고 있으나 2001년 7월부터 GF-3/SL인증을 받은 제품이 출시된다. 〈표 3〉에 나타난 바와 같이 ILSAC GF-1과 API SH급 그리고 ILSAC GF-2와 API SJ는 각각 같은 시기에 도입되었으며 금년에 도입예정인 ILSAC GF-3규격과 동시에 API SL도 도입된다. ILSAC규격과 API규격 사이에는 약간

의 차이점이 있는데 우선 GF-1, GF-2, GF-3와 SH, SJ, SK는 ILSAC과 API가 각각 설정한 가솔린엔진유의 품질규격이며 GF-x는 API Sx급에 연비 성능을 추가한 규격이라고 이해하면 된다.

ILSAC GF-3 / API SL의 요구성

ILSAC GF3 규격은 당초 2000년 초에 시장에 도입될 계획이었지만 제반 사정으로 실시시기가 1년반 지연되었다. 늦어지게 된 주요인은 시험법 개발과 항목별 합격기준(limit) 설정의 지연때문이다. 시험법 개발상의 문제점으로는 Sequence III F 시험의 시험정밀도 확보에 시간이 필요했기 때문이고 또한 합격기준의 설정을 위한 데이터 확보에도 많은 시간이 필요했기 때문이다. 또한 시험부품의 공급문제도 시험법 개발을 지연시킨 요인이 되었다.

그러나 자동차업계와 석유업계의 의견이 대립되고 가장 시간이 많이 걸린 것은 연비성능에 대한 합격기



〈그림 1〉 ILSAC의 연비 규격 변화

준이다. 당연하겠지만 자동차업계는 환경문제에 대응하고 연비규격을 맞추는 것이 중요과제라서 보다 엄격한 연비성능을 요구하였지만 석유업계는 과도히 엄격하게 설정하면 엔진유 처방의 자유도가 낮아지고 코스트가 증가하는 점을 들어 기준 완화를 주장하였다.

ILSAC GF3 규격의 개발은 1996년 자동차업계(AAMA) 측에서 2000년 이후에 개발되는 엔진에 적합한 가솔린 엔진오일을 요구함으로써 시작되었다. SAE에서 요구사항에 대해 검토한 결과 엔진유의 신유와 사용유 모두에서의 연비 개선이라든가 고온 디파짓 방지성, 기포방지성의 향상, 오일소모의 억제 등이 향후 엔진성능 발휘에 도움이 될 것이라는 결론을 내림으로써 개발의 본 궤도에 오르게 되었다.

ILSAC GF3 규격의 특징으로는 기존의 ILSAC GF2와 비교할 때 연비개선효과가 크고 배기가스 정화시스템의 보호측면에서 유리하며 전반적인 윤활유의 성능이 많이 향상되는 특징이 있다. 특히 연비 지속성을 규격항목에 포함시켜 신유상태에서 뿐 아니

라 일정시간 사용한 후에도 연비개선 효과를 지니도록 하였다. 〈그림 1〉에는 각 규격별로 연비개선 정도를 나타낸다. 성능면에서의 품질 향상을 좀 더 살펴보면 고온 디파짓을 제어하는 성능이 크게 개선되며 오일소모와 Foaming/Aeration 성능의 개선이 크다. 슬러지, 바니쉬 방지와 내부식성, 내마모성, 산화안정성은 적어도 ILSAC GF-2/API SJ와 동등수준이 된다. 그러나 이러한 윤활성능의 개선이 연비나 배기가스시스템의 보호에 영향을 주지 않는 것도 특징으로 볼 수 있다. 〈표 3〉에 ILSAC GF-3의 규격을 정리하였다.

유럽 역시 가솔린 엔진유의 기술발전을 이끄는 요인은 배기규제와 연비향상, 엔진오일의 유효사용기간 연장 등이다. 배기규제가 EURO 3에서 EURO 4로 강화되면 연료의 품질향상에 대한 요구도 증가하겠지만 보다 정교한 배기후처리장치가 사용될 것으로 예상되며 배기정화시스템의 오손방지를 위해

〈표 3〉 ILSAC GF-3 규격

Engine Rusting Average Gray Value	ASTM Ball Rust Test 100 minimum
Wear and Oil Thickening Viscosity Increase(kV 40℃) Low Temp Viscosity Average Piston Skirt Varnish Rating Weighted Piston Deposit Rating Hot Stuck Piston Rings Cam plus Lifter Wear Average, μm Oil Consumption	ASTM Sequence III F Test 275% maximum Report* 9.0 minimum 4.0 minimum None allowed 20 maximum 5.2 maximum
Sludge and Varnish Average Engine Sludge Rating Rocker Cover Sludge Rating Average Engine Varnish Rating Average Piston Skirt Varnish Rating Oil Screen Clogging, % Hot Stuck Compression Rings Cold Stuck Rings Oil Screening Debris, % Oil Ring Clogging	ASTM Sequence VG Test 7.8 minimum 8.0 minimum 8.9 minimum 7.5 minimum 20 maximum None Rate and Report Rate and Report Rate and Report
Valvetrain Wear Average Cam Wear(7 Position Avg) μm	Sequence IVA(KA24E) 120 maximum
Bearing Corrosion Bearing Weight Loss, mg	Sequence VIII 26.4 maximum
Fuel Economy 0W-20 and 5W20 0W-30 and 5W30 10W-30 and others	Sequence VI-B 2.0%/1.7% minimum(16hr/96hr) 1.6%/1.3% minimum(16hr/96hr) Sum of FEI 1 and FEI 2 3.0% minimum 0.9%/0.6% minimum(16hr/96hr) Sum of FEI 1 and FEI 2 1.6% minimum
Volatility Evaporation Loss ASTM D5800 Simulated Distillation ASTM D 6417	15% maximum 10% maximum
High Temperature Deposit TEOST MHT-3, Deposit Weight, mg	45 maximum
Filterability EOFT GM 9099P Max Flow Reduction EOWTT Mod. 9099P Max Flow Reduction	50% 50%
Foam and Aeration D892 Foaming/10 min. Settling Sequence I Sequence II Sequence III D6082 High Temp. Foaming	10ml / 0ml 50ml / 0ml 10ml / 0ml 100ml / 0ml
Shear Stability Seq VIII 10 hr Stripped kV100℃ viscosity	Remain in Original SAE Grade
Homogeneity and Miscibility Fed. Test Method 791C, Method 3470.1	Pass
Catalyst Compatibility Phosphorus Content Maximum	0.10% wt

윤활유종의 황화합물 양과 회분의 양도 규제대상이 될 것으로 판단된다. 대기 보호를 위해서 오래 전부터 이미 엔진오일의 증발량 규제는 엄격히 적용하고 있었다. 전통적으로 고점도유 15W40, 10W40가 승용차에도 사용되었지만 연비에 대한 요구가 증가하면서 5W30 등 저점도유의 사용이 늘어나고 있는 실정이다. 오일교환주기 연장에 대한 요구는 곧 고품질 오일의 사용이 늘어나는 것과 직결된다고 볼 수 있다. 하지만 오일교환주기 연장을 위해 각 자동차 제작사는 오일모니터링시스템을 활용하고 있음을 간과하면 안된다. 또 다른 특징은 승용차용으로 디젤엔진이 25~30% 사용되기 때문에 엔진오일도 가솔린유으로 국한하지 않고 승용차용 엔진오일(PCMO, Passenger Car Motor Oil)로 디젤엔진 겸용인 경우가 많으며 일부 자동차제작사에서는 자사규격에 포함시키고 있다.

유럽에서는 ACEA가 제정한 엔진유규격이 고성능 제품규격으로 제품의 성능차별화를 위해 많이 사용되고 있다. 과거에 유럽 자동차회사들로 구성되었던 CCMC를 대체하여 유럽의 GM과 포드가 참여하는 ACEA가 구성되었으며 1996년 1월부터 자동차 엔진유의 품질, 성능분류로서 ACEA규격이 개시되었다. 가솔린엔진유의 규격으로는 A1, A2, A3가 있다. A1은 저마찰, 저점도유로 연비개선이 요구되는 엔진에 사용되며 A2는 통상의 엔진오일교환주기로 일반승용차용이며 A3는 고성능 가솔린엔진에 오일 사용기간 연장을 고려하여 설계한 것이다. 현재 적용하는 규격은 A1-98, A2-96(Issue2), A3-98이다.

1998년 3월부터 적용중인 A1-98, A2-96(Issue 2), A3-98는 규격시험항목의 변화 (Sequence IIIE Sequence IIIF, Sequence VE Sequence VG, IV A)와 연비개선에 대한 요구가 증가함에 따라 연비개선성능을 지니면서도 고온 디파짓 방지성이 뛰어난 즉 ACEA A1과 ACEA A3의 장점을 모은 ACEA A5의 제정을 위해 개정작업중에 있다. <표 4>에

1998년 규격을 나타낸다.

ACEA규격의 특징은 엔진의 고온 고성능화에 따른 엔진보호(마모방지 및 유막유지, 퇴적물방지)를 위하여 고온고전단점도, 전단안정성, 청정성, 마모방지성 등 전반적인 성능의 강화를 요구하는 점이다.

한편 유럽의 자동차제작사는 자사엔진의 특성을 최대한 발휘, 유지할 수 있도록 하기 위해 고유의 엔진유규격을 내놓고 있다. 이들 규격은 사용자의 편의성을 부여하기 위해 엔진유진단시스템의 채택을 통한 교환주기 연장을 목표로 하거나 고부하조건에서의 엔진보호를 위해 고점도유를 요구하고 있다. 이를 충족시키기 위해서는 기유의 품질이 중요한데 고점도지수 기유인 VHVI기유와 합성유의 사용이 증가할 것으로 예상된다.

BMW 같은 경우, 자사의 승인을 득한 오일을 사용할 것을 요구하고 있으며 승인된 제품리스트를 보유하고 있다. BMW규격의 특징은 여전히 HTHS 3.5이상을 요구하고 있으며 현재는 M52엔진을 대체한 M44를 이용한 엔진시험을 하고 있다는 것이다.

다임러 클라이슬러는 현재 MB229.1 과 MB 229.3 두개의 제품 규격을 갖고 있지만 2002년 모델에 적용될 오일의 규격(MB 229.5)을 제정중에 있으며 여기에서는 연비요구조건을 강화하고 오일교환주기의 연장을 도모하고 있다. 특히 다임러 클라이슬러의 경우, 최초로 엔진오일의 황함량을 0.5%로 규제하고 있기도 하다(MB229.3). MB229.3의 규격에서는 연비와 저온시동성 향상을 위해 SAE 0Wxx와 5Wxx로 저온점도를 제한하였지만 HTHS 점도는 3.5이상을 유지한 점은 고부하조건에서의 엔진보호에 신경을 쓰고 있는 것을 단적으로 보여주고 있는 예이다.

2.3 일본의 동향

일본은 오래 전부터 특정 오일회사와 자동차제작

특집 자동차 연료 및 윤활유

사간의 밀접한 관계를 유지하면서 오일을 개발하여 왔으며 규격 및 시험법을 외부에 공개하지 않았으나 근래에 교류가 활발해짐에 따라 World Wide 제품에 관심을 갖기 시작하였다. 특히 토요다 자동차는 ILSAC 규격 제정에 적극적으로 참여한 뒤로 엔진유

규격을 ILSAC 규격과 Seal Compatibility Test, Chlorine 규제 등으로 단순화 시킨 바 있다.

2001년 일본의 가솔린엔진유 시장은 저점도유 (5W30, 5W20)가 전체의 50%로 1997년에 비해 2배 이상 증가할 것으로 예상된다. 이는 자동차사가

〈표 4〉 ACEA 규격

Requirements / Test Method	Properties	Unit	ACEA A1-98	ACEA A2-96 Is2	ACEA A3-98	
Shear Stability (Bosch Injector, CEC-L-14-A-93)	Viscosity after 30cycles @100℃	mm ² /s	xW20 : stay in grade xW30≥8.6 xW40≥12	xW30≥9 xW30≥12 xW30≥15	Stay in grade	
Viscosity, HTHS CEC-L-36-A-97	Viscosity at 150℃ and 106 s-1 shear rate	mPa s	min 2.9 max 3.5	>3.5	>3.5	
Evaporation Loss Noack, CEC-L-40-A-93	Max. weight loss after 1h at 250℃	%	≤15	≤15 for 10Wx or low≤13 others	≤13	
Sulfated Ash(ASTM D 874)		%		≤1.5		
Oil Elastomer Compatibility CEC-L-39-T-96	Max variation after immersion for 7days in fresh oil Hardness DIDC Tensile strength Elongation at rupture Volume variation	points % % %	RE 1 1/+5 -50/+10 -60/+10 1/+5	RE 2 -5/+5 -15/+10 -35/+10 -5/+5	RE 3 -25/+1 -45/+10 -20/+10 -1/+30	RE 4 -5/+5 -20/+10 -50/+10 -5/+5
Foaming Tendency ASTM D 892	Tendency-Stability	ml		Sequence I 10/0 Sequence II 50/0 Sequence III 10/0		
High Temperature Foaming Tendency (ASTM D 6082)	Tendency-Stability	ml		Sequence IV 100/0		
High Temperature Oxidation (seq.IIIE ASTM D5533)	Viscosity Increase @40℃ Piston Skirt Varnish Ring Land Deposit Average Sludge Ring/Lifter Sticking Cam&Lifter Wear, average Cam&Lifter Wear, max Oil Consumption	% merit merit merit μm μm l l	≤100 ≥8.9 ≥3.5 ≥9.2 none ≤60 ≤30 ≤5.1	≤200 ≥8.9 ≥3.5 ≥9.2 none ≤60 ≤30 ≤5.1	≤100 ≥8.9 ≥3.5 ≥9.2 none ≤60 ≤30 ≤5.1	
High Temp. Deposits, Ring Sticking, Oil Thickening (TU3M, CEC L-55-T-95)	Ring Sticking Piston Varnish Abs. Viscosity Increase@40℃ Oil consumption	merit merit mm ² /s l	>9.0 ≥R-5 ≤1.5×VR Report	>9.0 ≥R-10 ≤1.5×VR Report	>9.0 ≥R-5 ≤1.5×VR Report	
Low Temperature Sludge (Seq.VE,ASTM 315H pt3)	Average Engine Sludge Cam Cover Sludge, MR Piston Skirt Varnish, MR Average Engine Varnish Comp.Ring (hot stuck) Oil Screen Clogging Cam Wear, max, μm average	merit merit merit merit % μm μm	≥9.0 ≥7.0 ≥6.5 ≥5.0 none ≤20 ≤180	≥9.0 ≥7.0 ≥6.5 ≥5.0 none ≤20 ≤130		
Valve Train Scuffing Wear (TU3M, CEC L-38-A-94)	Cam Wear, max, average Pad Merit (average of 8 pads)	μm μm merit	≤15 ≤10 ≥7.5	≤15 ≤10 ≥7.5		
Black Sludge (M111, CEC L-53-T-95)	Average Engine Sludge Cam wear, average	Merit μm		≥RL140 R&R		
Fuel Economy (M111, CEC L-54-T-96)	Fuel Economy Improvement vs. RL191(15W/40)	%	≥2.5	-	-	

엄격한 연비 규격을 충족시키기 위해 공장 충전유로 5W20을 많이 사용하기 때문이다. 품질 면에서는 GF3가 35% 정도 사용될 것으로 예측되며 GF2급 이상의 고급유가 전체의 60%이상을 점유할 것으로 추정된다. 현재 일본의 자동차 메이커는 연비 규격을 충족시키기 위해 Top-Tier Genuine Oil과 공장 충전유로 GF2급의 Super Fuel Economy Oil(SFEO)을 채택하고 있으며 금년 7월 이후는 GF3급으로 품질을 상향할 것으로 예상된다.

특히 일본의 가솔린엔진은 주로 슬라이딩형 동변계를 채택하고 있어 마찰저감제의 사용효과가 크며 특히 유기물리브덴계의 마찰저감제를 사용하는 오일이 늘어날 것으로 전망된다.

토요타 자동차의 경우 공장충진유를 5W30 ILSAC GF2에서 SFEO/GF3로 전환하며 엔진유 중의 염소(Cl)성분 함량을 50ppm이하로 규제하고 있다. 염소성분의 규제는 일본내에서 뿐 아니라 토요타의 환경보호 이미지를 강조하기 위해 해외에서도 이를 적용할 예정이다. 2010년의 연비목표를 충족시키기 위해 연비개선에 더욱 신경을 쓸 예정이며 오일의 교환주기 연장과 저인(P)유의 사용에 관심을 기울일 것으로 예상된다.

닛산 자동차의 경우는 공장 충전유를 5W30 ILSAC GF2에서 SFEO/GF3 5W20, 0W20으로 변경할 움직임을 보이고 있다. 토요타와 같이 엔진유 중의 염소성분 함량을 50ppm이하로 요구하고 있지만 일본 외의 지역은 아직 미정이며 오일교환주기 연장을 위해 엔진유의 품질향상에 압력을 가할 것으로 예상된다.

혼다 자동차는 공장 충전유로 SFEO(5W30)/GF2와 SFEO(5W20)/GF 2를 채택하고 있으나 SFEO(0W20)/GF3로 변경을 고려하고 있다. 혼다는 GF3규격 자체 보다 연비 성능에 초점을 맞추고 있으며 하이브리드 엔진의 경우 SFEO(0W10)/GF3까지 검토하고 있다.

3. 가솔린엔진의 기술

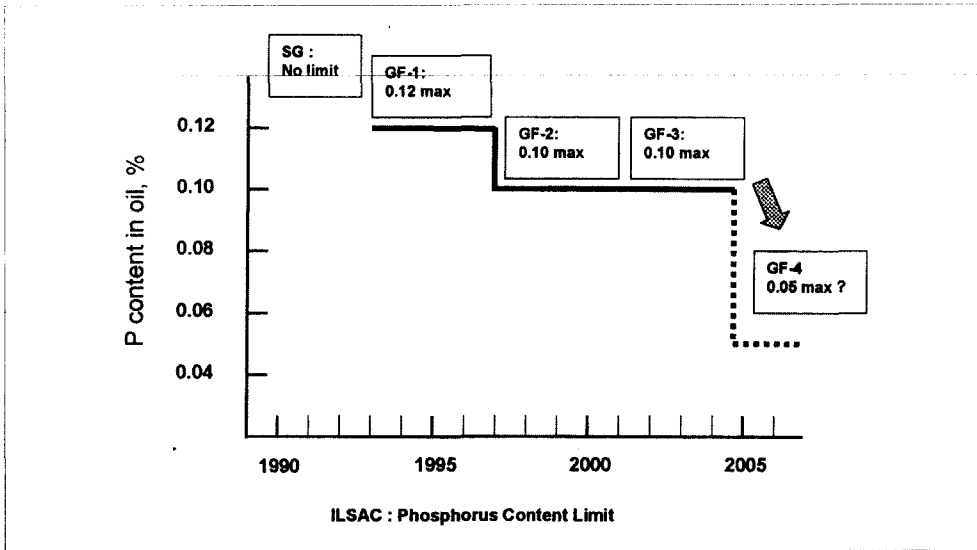
3.1 연비 개선을 위한 가솔린엔진 기술

연비를 향상시키기 위해 오일에 적용되는 기술은 유체역학적인 마찰을 줄이는 것과 경계유흥상태의 마찰을 줄이는 것, 또한 오일의 열화를 지연시킴으로써 연비개선의 지속성을 유지하는 기술 등을 들 수 있다. 유체역학적인 마찰을 줄이기 위해서는 저점도화를 하면 된다. 경계유흥상태의 마찰을 줄이는 방법으로는 마찰저감제의 사용과 마찰특성을 최적화할 수 있는 청정제 등의 조성조정이 해당되며 오일의 열화를 억제하기 위한 기술로는 오일의 산화안정성 강화와 내구성이 우수한 마찰저감제의 사용 등을 들 수 있다.

연비개선을 위해 엔진유를 저점도화할 때 가장 문제가 되는 것은 증발량의 증가와 엔진의 마모 발생이다. 엔진유의 증발성이 크면 오일소모가 커지게 되어 오일을 보충해줘야 되는 불편함 외에도 배기가스에 탄화수소 및 중금속의 함량을 증대되어 배기정확화매의 성능을 떨어뜨려 대기오염을 증가시키며 연소실 및 피스톤 부위에 퇴적물이 쌓여 엔진의 연소불량 등의 문제를 일으킨다.

엔진유의 증발량을 줄이기 위해서는 우선적으로 사용하는 기유 자체의 증발량이 적어야 된다. 저점도 엔진유를 만들려면 저점도기유를 사용하게 되는데 일반적으로 저점도기유 일수록 분자량이 적어 증발되기 쉬운 결점이 있다. 이를 해결하기 위해서는 점도지수가 높고 저온점도특성이 우수한 VHVI(Very High Viscosity Index)기유 또는 합성유의 사용이 불가피하다고 볼 수 있다.

저점도화의 다른 문제는 캠, 베어링 등의 마모 증대이다. 저점도 오일일수록 실제 유흥부위에서의 유막두께가 얇아져 금속접촉이 일어날 수 있다. 특히 베어링 부위에서는 미끄럼마찰열에 의해 윤유가 급격히 상승하기 때문에 오일의 점도가 심하게 저하된



〈그림 2〉 ILSAC 규격에서의 인함량 규제 변화

다. 이 때문에 고온고전단 점도의 최저치를 엔진유의 규격으로 정하여 과도한 저점도화를 방지하고 있다. 연비향상 측면에서 베어링부위 등에서의 마찰손실을 줄이기 위한 저점도화가 필요하지만 마모증가 등의 우려가 있으므로 엔진의 설계, 부품의 가공 상태 등을 고려하여 최적 점도를 결정하여야 한다.

3.2 대기오염 방지를 위한 가솔린엔진유 기술

촉매정화장치의 성능저하는 엔진유에 마모방지제 점 산화방지제로 사용하는 ZDDP(Zinc Dialkyl Dithio Phosphate)의 연소에 의해 생성된 인화합물이 촉매 금속표면에 부착되어 배기가스와 촉매의 접촉을 방해하기 때문에 일어난다. 이때문에 엔진유중의 인의 농도를 ILSAC GF-1에서는 0.12%, GF-2, GF-3에서는 0.10%로 억제하고 있고 2004년 적용예정인 ILSAC GF-4에서는 인의 함량을 대폭 줄이고자 하고 있다(그림2). 그러나 촉매 열화는 ZDDP의 양 뿐 아니라 금속계 청정제(황산화물)와 양적 밸런스와 열산화의 영향도 받기 때문에 단순

히 인의 농도만 규제하는 것이 능사가 아니라는 주장도 있다. 또 ZDDP는 엔진유에서 마모방지제 및 산화방지제로서 우수한 성능을 지닌 매우 유용한 첨가제이기 때문에 저인(P)화로 인한 성능저하를 보충할 첨가제의 개발이 관건이라 할 수 있다.

3.3 교환 주기에 영향을 위한 가솔린엔진유 기술

유럽에서는 폐유저감과 사용자의 메인テナンス를 줄이기 위해 일부 자동차사에서는 30,000km의 교환 주기를 시도하고 있다. 그러나 이런 교환주기 연장은 일반 승용차에는 적용되지 않고 오일 센서가 달려 있고, 각 자동차사의 엔진시험을 통과한 오일을 사용할 경우로 한정하고 있다.

오일교환주기에 대해서는 유럽과 미국의 시각차이는 상당히 크다. 유럽에서는 가솔린엔진유도 30,000km이상의 교환주기를 주장하지만 미국은 이보다 훨씬 적은 10,000~15,000km 정도이다. 이렇게 차이가 나는 이유는 메인テナンス와 보유비용, 배기정화촉매의 인피독, 환경문제 등 이지만 주된 차이

는 오일 교환비용과 교환의 편리성 차이 때문이라고 볼 수 있다.

기술적인 면에서 보면 오일교환주기의 연장으로 엔진의 내구성에 영향이 있을 수 있고 연비 개선효과를 상실하며 저온시동성이 나빠지며 엔진내부에 디파짓과 슬러지가 축적되는 문제가 있다. 이런 악영향은 오일의 품질이나 운전자의 사용방식에 따라 다르고 오일의 사용기간만으로 예측할 수 없는 어려움이 있기는 하다. 이를 해결할 수 있는 좋은 방법은 오일 교환 모니터링시스템을 사용하는 것이다. 그러나 다양한 오일의 열화를 감지할 수 있는 센서를 개발하는 것은 매우 어려운 일이다.

4. 결론

향후에도 연비규제가 더욱 강화되어 5W20, 0W/20등의 초저점도 엔진유의 사용비율이 지속적으로 증가될 것으로 예측된다. 배기규제와 관련해서는 엔진유소모량 감소와 촉매피독성 감소에 대한 요구가 증가될 것으로 예측되는데 2004년으로 예정된 ILSAC GF-4에서는 인(P)함량을 0.05%이하로 강화하고 새롭게 황(S)함량을 0.5% 이하로 규제하는 안을 준비해놓고 있다. 이에 부응하는 엔진유의 개발을 위해서는 휘발성이 적고 안정성이 우수한 고성능의 기유를 개발/사용해야 하고 새로운 첨가제 배합 기술이 필요할 것으로 판단된다.

〈참고 문헌〉

- 1) 井上 清, トライボロジスト, Vol.43, No.9, 1998
- 2) 문우식, 가솔린엔진의 저연비화를 위한 엔진유의 기술적 과제, 대한기계학회지, 제32권, 11호, pp.927-937, 1992
- 3) 문우식, 자동차의 저연비/저배기화를 위한 엔진유의 과제, 자동차공학회지, 제20권, 제4호, 특집, pp.60-70, 1998.
- 4) Kiyotaka Nakamura, Impact of emission and fuel economy regulation on fuels and engine oils for passanger car, 7th Annual Fuel & Lubes Asia Conference
- 5) CEC97-EL04, Lubricant performance requirements of current and future European engines, Fifth CEC International Symposium on the Performance Evaluation of Automotive Fuels and Lubricants, 13~15 May, 1997
- 6) Oronite, Lubricants and Engines Trends, 1999

〈문우식 연구원 : wsmoon@skcorp.com〉