

디젤엔진오일의 세계적 추세

Worldwide Trends of Diesel Engine Oil Technology

이 중 명*
Jong Myung Lee

1. 개 요

1987년 4월 미국 석유회사(API)는 새로운 디젤엔진오일 등급인 API 'CE' Diesel Engine Oil Service Classification을 발표하였다. 이 발표는 약 7년간의 작업끝에 이루어졌는데 1980년에 미국 자동차 기술자 협회(SAE)에서 새로운 디젤엔진오일 등급의 필요성을 공식적으로 제안한데서 비롯되었다.

그 후 이러한 필요성이 북미 디젤엔진 제작자들에 의해 구체화되고 미국 재료시험협회(ASTM)에서 시험법을 개발함으로써 완성되어 API 분류체제로 공식 발표되게 된 것이다.

이전의 CD급 규격은 1957년도에 제정된 것으로 CE급의 출현은 사실 CD급 이후 30여년 만에야 이루어진 것이다. API CE급은 이전의 API CD급의 성능에 Cummins, Mack 등의 OEM 요구 규격을 첨가한 첫인데 API가 발표한 바에 따르면 다음과 같이 정의할 수 있다. "1984년형 이후의 고부하의 과급기(터보차저 혹은 슈퍼차저) 부착 디젤엔진용 윤활유로서 API 서비스 분류체계 CC와 CD의 요구 성능을 능가하는 엔진오일이다."

그러나 엔진 제작자에 따라 엔진의 구조나 성능에 많은 차이가 있기 때문에 대부분의 엔진 제작자들은 API CE급으로도 그들 엔진에

적합한 요구 조건을 충족시키는데는 어려움이 있다고 판단하고 있다. 따라서 많은 OEM들은 각자의 엔진 성능에 맞는 오일 규격을 자체적으로 개발하여(독자 개발 혹은 윤활유 회사와 공동 개발) 추천하고 있으며 그 요구조건은 대부분 CE급 만으로는 커버하지 못하는 것들이다.

한편, 북미에 비해 유럽쪽에서는 새로운 엔진오일의 규격 제정에 있어 OEM의 활동이 두드러져 보인다. 대부분의 활동이 OEM들에 의해 주도되기 때문이다. 유럽쪽에서의 Heavy Duty Diesel Engine Oil의 새로운 규격 및 시험법은 크게 두가지로 대별되곤 하는데 SHPD Oil과 Universal Oil이 그것들이다. 첫째로, Super High Performance Diesel Oil은 디젤전용으로 매우 가혹한 조건하의 터보 부착엔진을 겨냥하여 발전되어 왔다. 성능상 특히 강조되는 것은 윤활유의 교환주기 연장이다. 대개 SHPD Oil은 황산화물(S-Ash)의 함량과 염기가(TBN)가 매우 높은 편이다. 따라서 이런 종류의 윤활유는 가솔린 엔진에 사용하면 안된다. 두번째, "Universal Oil"은 대개 가솔린/디젤겸용으로 SHPD에 비해 황산화물과 염기가 낮다. 이상의 두가지 타입 모두 요구조건으로 Volvo, Daimler-Benz 등 주로 유럽 OEM들의 요구

* 석유공 윤활유부 개발과

표 1 디젤엔진오일용 API 등급 연대표

Year	API Category	Interim Working Designation	Performance Description
1956	CD	—	Turbocharged Diesel Engine
1961	CC	—	Naturally Aspirated Diesel Engine
1980	—	PC-1	Oils for "Next Generation" (Low Emission) Engines
1980	—	PC-2	Turbocharged Diesels using High Sulfur Fuel
1985	—	PC-3	Superior Quality Commercial Oils(EMA SCOTE-1, NTC 400, EO-K/2, JD 6466 A, Navistar 466)
1987	CE		Superior Quality Commercial Oil(CD, EO-K/2, NTC 400)

성능을 공히 만족시켜야 되며 API CE급 또한 한 요소로서 취급된다.

2. 북 미

1957년의 API CD급 이래 30년간 새로운 API 'C' 등급의 제정이 이루어지지 않았기 때문에 많은 OEM들은 CD급의 성능에 더하여 각자의 엔진요구성능에 적합한 엔진오일 규격을 개발하여 사용해 왔다. Caterpillar 사, Mack Truck 사 등은 그 대표적인 예라할 수 있다. 그러나 CE급 발표 이전에도 PC-1, PC-2, PC-3 등 SAE에서는 1980년부터 새로운 Category 들을 계속 검토해왔다. PC-1은 실제로 개발이 매우 힘든 상태로 지연되고 있으며 PC-3는 CE/SF급의 성능으로 커버된다. 따라서 API 분류체계상 CE급은 가장 높은 품질의 디젤오일등급이라고 할 수 있으나 대부분의 OEM들은 API CE급으로도 그들의 요구성능을 충족시키는데 미흡하다고 판단하고 있다. 따라서 현재도 많은 OEM들은 각자의 엔진성능에 맞는 윤활유 규격을 자체적으로 개발하고 있으며 목표성능은 대부분 CE급 만으로는 커버하지 못하는 것들이다. 다음에서는 디젤엔진오일에 대한 API 체계의 연도별 변화를 살펴보았다.

2.1 API CE

1987년 4월 미국석유협회(API)의 Products Committee에서는 새로운 디젤엔진오일 등급인 API Service Category CE의 제정을 발표하였다. CE급은 CD급에 Cummins NTC 400 Test와 Mack T-6, T-7 Test의 요구성능을 만족시켜야 하는데 일반적으로 CD급에 비해 다음과 같은 잇점을 가져다 준다.

- 산화안정성 향상
- 엔진마모 감소
- 오일 소모량 감소
- Deposit 감소
- 엔진수명 연장

또한 단급점도 보다는 다급점도일 때 CE급의 요구성능을 충족시키기가 훨씬 쉽다. 그 이유는 다급점도유 중의 점도지수향상제가 Cummins NTC 400 Test 시에 오일의 증발을 보다 효과적으로 억제시키기 때문이다. 다급점도에서도 가장 혼한 등급은 SAE 15W/40이다. 다음에서는 API CE급의 시험항목 및 규격과 각 시험법의 내용을 간단히 살펴본다.

1) Cummins NTC 400 Test

NTC 400 Engine Test는 원래 오일소모량(Oil Consumption)을 평가할 목적으로 개발되었다. 시험 절차중에는 물론 시험엔진의 Piston deposits, Liner bore polish, Piston ring wear, Connecting rod bearing wear의

표 2 API CE 급 요구 규격

Test	Criteria	Pass/Fail Limit
Caterpillar	Groove No.1(top) carbon fill, vol -1% Weighted total demerits Ring side clearance loss, mm(in.)	80 max 300 max 0.013(0.0005) max
CRC L-38	Bearing weight loss, mg	50 max
Mack T-6	Merit Rating	90 min
Mack T-7	Average rate of viscosity increase during last 50 hours, cSt/h 100°C	0.040 max
Cummins NTC 400	Oil consumption Camshaft roller follower pin wear average, mm(in.) Crownland(top land) deposits area covered with heavy carbon, average, % Piston deposits on third ring land, total for all six pistons, CRC demerits	Candidate oil consumption regression curve must fall completely below the published mean plus one standard deviation curve for the applicable reference oil 0.051 (0.002) max 25 max 40 max

측정과 등급평가(Rating)가 포함되어 있다. 단 API CE 승인을 위한 시험에서는 Key-stone Compression ring 과 Non-Cut back top land piston 을 쓴 엔진에 한해서만 유효하다. 시험엔진은 Big Cam II 설계의 Cummins NTC 400 엔진이다. 이 엔진은 터보차저가 부착되어 있으며 4-Valve, After Cooling 에 Direct injection 방식을 채택하고 있다. 14,000cc 의 배기량에 2100rpm 에 400마력의 출력을 낸다. 시험시간은 약 200시간으로 Caterpillar 1H2/1G2에 쓰이는 같은 연료를 사용한다. 실차조건에서의 오일소모량, 부품마모, Deposit 침적 등을 모사하기 위해 매우 가혹한 시험조건으로 운전되므로, 정한 시간내에 현격한 차이가 나는 결과를 얻을 수 있다. 시험유는 잘 선택된 Reference Oil 과 비교 측정함으로써 평가된다. 앞서 말한대로 이 시험의 원래 목적은 오일소모량 측정이지만 이와함께

- Percent Average Heavy Crownland Carbon
- Total Third Ring Land Piston Demerits
- Camshaft Roller Follower Pin Wear 등도 같이 평가된다.

2) Mack T-6 Test

Mack T-6 대기통 엔진시험은 Mack 으로서는 터보차저를 부착한 여섯번째의 엔진시험법이다. 엔진은 Clearance 가 매우 타이트한 것을 채택하였다. 시험은 엔진속도를 점점 높이면서 모두 3 단계로 진행시키는데 어느 단계에서도 오일소모량은 0.0010 lb/bhp. hr 를 초과하면 안된다. 평가항목은 점도증가, Piston 청정도, 오일소모량 등이다.

3) Mack T-7 Test

도심지에서의 Stop & Go 운행에서 엔진은 저속 고부하의 조건하에 놓이게 된다. 이때 윤활유는 뿔뿔해지고 슬러지를 생성시키게 된

다. Mack T-7 엔진시험은 바로 이런 상태를 모사한 시험이다. 이 시험에서 Mack EM6-285 엔진은 저속·고부하 정속 상태에서 150 시간동안 운전된다. 이 엔진은 직접분사방식의 6기통 4행정기관으로 터보차저가 부착되어 있다. 150 시간 후에 98.9 °C에서의 동점도를 측정하여 100시간과 150시간 사이의 점도의 기울기를 구한다. API CE 규격을 만족시키려면 이때의 기울기가 0.040 cst/hr보다 작아야 된다.

2.2 API CD-II (PC-4)

2행정 디젤엔진용 윤활유 규격에 대한 필요성이 1986년 SAE에 의해 제기되었다.

표 3 API CD-II 요구규격

Test	Limits
Caterpillar 1G2	
% Top Groove Fill	80 max
Weighted Total Demerits	300 max
Ring Side Clearance Loss, in	.0005 max
CRC L-38	
Bearing Weight Loss, mg	50 max
Piston skirt varnish	9.0 min
Detroit Diesel 6V-53T	
Piston Area	
Avg. Total Deposits	400 max
Hot Stuck Rings	None
Avg. Ring Face Distress, Demerits	13.0 max
Liner and Head Area	
Avg. Liner Distress, % Area	12.0 max
Valve Distress	None

API CD급으로는 2행정 디젤엔진의 요구성을 만족시키지 못한다는 이유로 Detroit Diesel 사에 의한 강력한 요청이 있었기 때문이다. 이 요구에 대해 API, SAE 및 ASTM에서는 CE 급에 규격을 포함시키기 보다는 별도의 등급을 신설할 것을 결정하였는데 그것이 바로 PC-4였다. PC-4는 API CD 급의 요구성능에 Detroit Diesel 6V 53T 2행정

디젤엔진시험이 추가되는 것으로 정의되었는데 1988년 4월 API에 의해 공식적으로 API CD-II로 발표되었다. 또한 MIL-L-2104D를 만족해도 자동적으로 API CD-II로 인정된다. 다음은 API CD-II의 규격이다.

3. 일 본

일본 OEM들은 전통적으로 단급점도유를 선호한다. 요즘 다급점도유 수요가 다소 늘긴 했지만 북미나 유럽에 비하면 매우 낮은 형편이다. 다급점도 등급도 SAE 15W/40 보다는 SAE 10W/30 이 더 널리 쓰인다. 성능 등급은 API CD 급 이상이 약 67%로 가장 많다. 또한 일반 소비자 시장에서 사용되는 디젤엔진오일의 성능 등급은 대부분 미국이나 유럽에 비해 낮다. 그러나 일본 OEM들의 해외 시장 진출이 증가함에 따라 엔진오일 추천도 현지 시장 요구에 맞추어 점점 고품질화 되고 있다.

4. 유 럽

4.1 Super High Performance Diesel (SHPD) Oils

흔히 SHPD라 하면 Daimler-Benz Sheet 228, MAN QC-13-017, Volvo VDS, Scania LD, DAF-Leyland SHPD, Volkswagen 505.00, API CE, CCMC D-5, PD-2 등을 만족하는 등급을 말한다. 요즘 유럽에서는 엔진기술에 있어 터보차저, 고출력, Inter-Cooled 방식 등을 선호하고 있는데 SHPD는 이러한 추세에 맞추어 OEM의 요구조건을 폭넓게 수용하여 오일 교환주기 연장과 엔진 수명보호를 목적으로 발전되었다. SHPD의 황산화물(Sulphated Ash) 함유량은 1.8wt%, 염기가(TBN)는 13~14 수준이 일반적이다. 이렇게 높은 수치가 요구되는 이유는 Detergency를 강조함으로써 마모방지, Deposit 감소 등에 보다 우수한 효과를 거둘 수 있기 때문이다. SHPD에 있어서도 SAE 15W/40 이 가장 일반적인 점도 등급이지만 SAE 10W/

XX 나 5W/XX 등도 수요가 점점 증가하고 있다. 이런 등급에도 보통 고점도지수 기유나 합성기유가 쓰이기 때문에 저온특성이 매우 좋아지며 OEM들도 점차 디젤엔진오일에 있어서의 저온 특성 향상에 관심이 증대되고 있어 향후 디젤엔진오일에 있어서도 SAE 10W/XX 나 SAE 5W/XX 등의 증가 추세는 당분간 계속될 전망이다.

4.2 Universal Oil

Universal Oil 은 디젤/가솔린 겸용으로서 일반적으로 API CE/SG 혹은 CE/SF, Daimler Benz Sheet 227/228, Volkswagen 500.00/505.00, Volvo VDS, MAN 271, CC-MC D-5/G-5/PD-2 을 모두 만족해야 한다. 간혹 여기에 MIL-L-2104E 나 MIL-L-46152D 가 추가로 요구되기도 하지만 유럽에서 MIL 규격은 큰 의미가 없다. Universal Oil 로서의 요구성능 가운데 가장 특징적인 것은 엔진마모 방지, 청정도, 슬러지 감소 등이다. 디젤/가솔린 겸용으로서 위와같은 성능보장을 위해서 Universal Oil 에서는 황산화물이 최고 1.5 wt %로 제한된다. 점도 등급은 SAE 10W/30 이나 SAE 10W/40 이 일반적이나 지역이나 유통회사에 따라 조금씩 틀린다. 또한 저온 특성 및 Volatility 에 있어 매우 엄격한 기준이 적용되므로 고도로 정제된 고점도지수 기유나 부분적으로 합성기유가 사용된다. 이런 Universal Oil 은 현재 SHPD 보다는 더 큰 시장을 가지고 있으며 앞으로 점점 더 증가할 것으로 보여지며 미국 뿐 아니라 우리나라에서도 이러한 추세를 따를 것으로 전망된다.

4.3 CCMC

CCMC에서도 디젤엔진오일 규격을 새로 개정하였는데 그 내용에 있어서는 이전의 PD1, D2 및 D3가 PD2, D4, D5로 대체되었으며 D1은 폐지되었는데 각각 시험항목과 요구수준이 이전보다 매우 가혹하게 요구된다. PD2는 승용차용 디젤엔진오일에 대한 규격이고 D4는 일반적인 상용 차량용 Heavy

Duty 디젤엔진용이며 D5는 가장 가혹한 조건의 Heavy Duty 디젤엔진용이다. 이러한 개정은 이전에 제정된 구 규격으로는 엔진기술의 발달 및 연료 품질의 변화 등에 대응한 성능을 만족시킬 수 없다는 유럽 OEM들의 강력한 요청이 있었기 때문이다. OEM들이 주장하는 구체적인 배경들을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 경비절감, 편이성 등의 이유로 갈수록 오일 교환주기 연장이 선호되고 있다.

둘째, 엔진의 경량화, 소형화에 따른 Engine Sump Capacity의 감소로 운전중 유온상승이 증가한다.

셋째, 연료의 품질이 변화되었다.

넷째, 연비향상, 배기가스 조절 등을 위해 엔진의 운전조건이 점점 가혹해지고 있다. (고속·고출력, 희박연소, 공회전속도 감소 등)

다음의 표 4에서는 CCMC 디젤엔진오일 Sequence를 요약해 보았다.

5. 배기가스 규제와 디젤엔진오일

차량수의 증가와 함께 특히 디젤엔진은 가솔린엔진에 비해 대기오염에 미치는 영향이 더 심각한 것으로 인식받게 되었고 미국을 비롯한 각국에서는 환경법을 통해 디젤차량의 배기가스를 매우 엄격히 규제하기 시작했다. 이러한 규제는 1970년대부터 시작되어 오늘날까지 서서히 강화되어 왔다. 초기에는 눈에 보이는 매연(Visible smoke)와 함께 배기가스 중의 CO, HC, Nox 성분을 줄이는 것부터 시작되었는데 정도가 매우 느슨해서 대부분 OEM들은 쉽게 규제치를 만족시킬 수 있었다.

OEM들은 연소 효율을 향상시킴으로써 배기가스 중의 대기 오염물질을 줄이려는 시도를 하였는데 이것은 연료분사기술과 터보차저 기술의 향상을 가져왔으며 Inter Cooling 도 많이 사용되게 되었다. 이러한 기술의 진보로 오늘날 엔진은 연비, 내구성 등이 크게 향상되게 되었다. 물론 그 이전에 경쟁심화, 석유 파동 등의 영향도 있었지만 디젤엔진에 있어

표 4 CCMC European Oil Sequence for Service Fils Oils for Diesel Engines Comite Constructeurs D'Automobiles DU Marche Commun

* 1984년(구규격)

This sequence, under development, defines the minimum quality level of a product for presentation to CCMC Members, Performance parameters other than those covered by the following tests may be indicated by the individual vehicle manufacturers.

Properties	Tests	Ratings	Unit of Measure	VALUES					Test Method
				D1 Naturally Aspirated Light Duty Operation	D2 Naturally Aspirated Turbocharged Heavy Duty Operation	D3 Naturally Aspirated Turbocharged Heavy Operation	PD1 Diesel Passenger Cars	PD1 Diesel Turbocharged Heavy Operation	
Low Temperature Sludge	Ford Sequence V-D(To be replaced by Daimler-Benz OM616 Part A for D3 & PD1)	Average engine sludge, min*	min	9.2	8.7	8.7	8.7	8.7	ASTM 315H
		Averaged piston skirt varnish, min*	min	6.4	6.0	6.0	6.0	6.0	Part III (4)
		Average engine varnish, min*	min	6.3	5.9	5.9	5.9	5.9	
		Oil screen clogging, max	%	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
		Oil ring clogging, max	%	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	
Bearing Corrosion	CLR L-38 or Pette W-1	Compression ring sticking		none	none	none	none	none	ASTM STP 509A Part IV
		Bearing weight loss, max	mg		40				CEC-L-02-A-78
High Temperature Oxidation		Bearing weight loss, max			25				
		Viscosity increase at 40°C, max	%	375 at 40h	—	—	—	—	ASTM 315H
		Average engine sludge, min*	min	9.2	—	—	—	—	Part II (4)
		Average piston skirt varnish, min*	min	9.1	—	—	—	—	
		Average oil ring land deposits, min*	min	4.0	—	—	—	—	
		Ring sticking		none	—	—	—	—	
	Lifter sticking		none	—	—	—	—		
	Cam or lifter scuffing		none	—	—	—	—		
	Cam plus lifter wear : average (max)		µm	102(254)	102(254)	102(254)	102(254)	102(254)	

This sequence, under development, defines the minimum quality level of a product for presentation to CCMC Members, Performance parameters other than those covered by the following tests may be indicated by the individual vehicle manufacturers.

Properties	Tests	Ratings	Unit of Measure	VALUES				Test Method
				D1 Naturally Aspirated Light Duty Operation	D2 Naturally Aspirated & Turbocharged Heavy Duty Operation	D3 Naturally Aspirated & Turbocharged Extra Heavy Duty Operation	PD1 Diesel Passenger Cars Naturally Aspirated & Turbocharged	
High Temperature Deposits	Caterpillar 1H2 or MWM-B or Caterpillar 1G2	Top groove fill, max Weighted total demerits, max Ring sticking Varnish and carbon deposits, min Top groove fill, max Weighted total demerits, max	%	45 140 none 55 — —	— — none 65 80 300	— — — — — —	— — — — — —	ASTM STP 590A Part II CEC-L-12-A-76. — — ASTM STP 509A Part I
	Bore Polish & Piston Rating Ring Sticking & Piston Rating	Daimler-Benz OM 352A Daimler-Benz OM 352A	% %	— —	— —	— —	— —	CEC-CL-29/DB (Sept. 83) CEC-L-35-T 84
Wear	Daimler-Benz OM 616	Bore polish Piston cleanliness, min* Ring sticking Piston cleanliness, min* Cam wear: average (max) (One outlier allowed for calculation of the average) Cylinder wear: average (max)	μm μm	— — — — — —	— — — — 30(60) 10(24)	— — — — — —	— — — — — —	— — — — CEC-L-17-A-78 —
	Rust	Oldsmobile Sequence IIIID	Average engine rust, min*	8.5	8.1	8.1	8.5	ASTM 315H Part I (4)
Shear Stability**	Bosch Injector Rig	Viscosity after 30 cycles at 100°C based on SAE J300, Sept. 1980 without multi-labelling	mm ² /sec (cSt)	10W30 : \geq 9 XW40 : \geq 12				CEC-L-14-A-78
Evaporative Loss	Noack Volatility	Weight loss after 1h at 250°C, max	%	10WX : 20 All others : 15***				DIN 51581
Oil/Seal Compatibility				TO BE DETERMINED				

* 0~10 rating values where 10 is clean

** Not applicable to monogrades

*** Including monogrades

* 1989년(신규격)

This sequence defines the minimum quality level of a product for presentation to CCMC Member. Performance parameters other than those covered by the following tests or more stringent limits may be indicated by individual member companies.

1. Laboratory Tests

Properties	Test Method	Unit	VALUES			
			Pass. cars	Industrial Vehicles		
			PD-2	D-4	D-5	
1.1 Viscosity According to SAE J 300 June '87			XW-30 XW-40 XW-50	20W-20 30 40 XW-30 XW-40 XW-50	20W-20 30 40 XW-30 XW-40 XW-50	
1.2 Shear Stability Viscosity after 30 cycles measured at 100 °C	Bosch Injector CEC L-14-A-78	mm ² /s	XW-30 ≥ 9 XW-40 ≥ 12 XW-50 ≥ 14	XW-30 ≥ 9 XW-40 ≥ 12 XW-50 ≥ 4 no requirements for single grades		
1.3 High Shear Rate High Temp. Viscosity T= 150 °C Share rate : 10 S	CEC L-36-T-84	mPa·s	≥ 3.5	≥ 3.5 (≥ 3.3 for 20W-20 & 30)	≥ 3.5	
1.4 Evaporative Loss Max weight loss after 1 Hr. at 250 °C	CEC L-4-T-87	%	10W-X ≤ 15 ≤ 13 for all others	10W-X ≤ 15 ≤ 13 for all others	10W-X ≤ 15 ≤ 13 for all others	
1.5 Sulphated ASH	ASTM D874	% (weight)	≤ 1.8	≤ 2.0		
1.6 Oil/Elastomer Compatibility Max. variation of characteristics after immersion for 7 days in fresh oil without preaging. Hardness DIDC Tenshile strength Elongation rupture Volume variation	CEC L-39-T-87	Points % % %	ELASTOMER TYPE			
			RE1 (Fluoro- elastomer)	RE2 (ACMD)	RE3 (Silicone)	RE4 (NBR)
			0/+5	-5/+5	-25/0	-5/+5
			-50/0	-15/+10	-30/+10	-20/0
			-60/0	-35/+10	-20/+10	-50/0
			0/+5	-5/+5	0/+30	-5/+5
1.7 Foaming Tendency (tendency-stability)	ASTM D 892 w/o option A	ml.	Sequence I Sequence II Sequence III	(24°C) : 10-nil (94°C) : 50-nil (24°C) : 10-nil		

* 1989년(신규격)

This sequence defines the minimum quality level of a product for presentation to CCMC Member. Performance parameters other than those covered by the following tests or more stringent limits may be indicated by individual member companies.

2. Engine Tests

Requirements		Properties	Test Method	Unit of Measure	VALUES		
					Pass. cars Industrial vehicles		
					PD-2	D-4	D-5
High Temperature Test	2.1 Ring Sticking and Piston Cleanliness VW 1.6 TC Diesel	Ring sticking Piston cleanliness	CEC L-35-T-84 0.5% S	merit	≥ RL 148		
	2.2 Bore Polishing and Piston Cleanliness OM 364 A	Bore polishing max. Piston Cleanliness min.	CEC PL 29 Feb '88	% merit		8 38	1 48
Low and Medium Temp. Sludge & Wear	2.3 Low Speed Oil Thickening Test (1)	Viscosity increase	Mack T-7 ASTM RRD2-1220	cSt/h	—	< 0.04	
	2.4 Low Temperature Oil Thickening		to be developed (OM-602A candidate)		limit to be determined	—	—
	2.5 RUST IID	Avg. engine rust min.	ASTM 315 H Part 1	merit	8.5	8.1	8.1
	2.6 Wear OM 616	Cam Wear : average (mix.) Cyl. Wear : (max.)	CEC L-17-A-78	μm	10 (20) 5 (12)	10 (20) 10 (24)	10 (20) 5 (12)

(1) A suitable European test should be developed.

가장 직접적이고 큰 영향을 준 요인은 배기가스 규제라고 할 수 있다.

환경보전에 대한 주장이 날로 높아가는 가운데 배기가스 규제는 앞으로도 점점 더 강화될 전망이다. 특히 Nox는 현재의 절반이하 수준으로 엄격해질 것으로 보인다. 또한 투명한 배기가스 중에도 Aerosol (煙無質)과 미세한 입자들이 들어 있어서 인체에 매우 해로운 영향을 미치기 때문에 배기가스 중의 Particulate를 줄이기 위해서는 보통 배기구에 필터를 설치하는 방법이 많이 사용된다. 그런데 현재까지의 많은 연구결과에 따르면 Nox와 Particulate 사이에는 서로 역관계가 있어 한쪽을 줄이려면 한쪽이 증가하는 것이 보통이다. 따라서 Nox와 Particulate를 동시에 제어하는 것이 가장 큰 기술상의 장벽이라 할 수 있겠다.

다음표에서는 1985년도에 발표된 미국의 디젤차량 배기가스 규제에 대한 규제치를 연대별로 요약하였다. 이 중에서 HC와 CO 규제치는 1994년까지는 현재와 동일할 전망이다.

배기가스 규제에 대한 관심은 유럽쪽에서도 매우 커서 EC에서도 HC/CO/NO의 규제치

를 설명하였지만 Particulate에 대해서는 아직 고려된 바가 없다. 또한 EC내의 개별 회원국들도 각자 규제치를 마련하였는데 배기가스를 측정하는 시험방법은 미국과는 틀리지만 수치 사이의 연관성을 부여하는 것은 가능하다.

이렇듯이 규제가 엄격해짐에 따라 디젤엔진의 설계도 그에 맞추어 발전되어 왔다. 배기가스 중의 입자를 분석해보면 Soot, 미연소 원료, Sulfuric acid mist, 미연소된 윤활유, 첨가제의 재, Acid-bound water, 마모금속, 먼지 등이 섞여있는 것을 알 수 있다. 그 조성비는 윤활유, 연료의 특성에 따라서도 틀려지며 엔진설계에 따라서도 매우 다르게 나타난다. 따라서 엔진설계는 우선적으로 윤활유 소모를 줄이고 연소효율을 증가시키기 위해 연소실을 재설계하고 연료분사압을 상승시켰으며, Clearance를 줄이는 등 여러가지로 개선돼 왔으나 아직 광범위하게 받아들여지는 설계기준 같은 것은 확립되지 않았다.

엔진설계 이외의 문제로는 윤활유와 연료에 의한 효과가 직접적이다. 실제로 연료 중의 방향족 성분과 Nox 및 Particulate와의 상관관계를 살펴보면 방향족 성분이 많을수록 Nox와 Particulate의 수치가 올라간다는 것을 알

표 5 미국의 디젤 배기가스 규제

U. S. FEDERAL EMISSION STANDARDS FOR HEAVY DUTY DIESEL VEHICLES — ON HIGHWAY —			
MODEL YEAR	GRAMS PER BHP-HR, MAXIMUM		
	1988	1991	1994
CO	15.5	15.5	15.5
HC	1.3	1.3	1.3
NOx	10.7	5.0 (1)	5.0
PARTICULATES	0.6	0.25(2)	0.1

(1) 6.0 in 1990 model year. (2) 0.1 for city buses

- Limits also exist for "visible smoke"
- Limits differ by vehicle weight class. Above covers vehicles over 8,500 lb. GVW.
- Compliance within limits required for estimated original-build life (290,000 miles for class VII/VII trucks), determined by extrapolation of deterioration rate in dynamometer durability test.

수 있다. 또한 연료 중의 유황 성분도 연소되면 Sulfric acid, Sulfate 등의 형태로 Particulate로서 배기가스 중에 섞여 나오게 된다. 따라서 저유황경유를 쓰게되면 유황으로 인한 Particulate는 크게 줄일 수 있다.

그러나 이러한 배기가스 규제 추세와 그에 따른 엔진설계 변경에 대응하여 윤활유에 대한 요구사항도 매우 중요한 요소의 하나로서 디젤엔진오일에 있어 다음과 같은 점들이 일반적으로 고려되어야 할 사항들이다.

- Particulate 규제에 대응하기 위해서는

디젤엔진오일의 회분(S-Ash)은 낮을수록 좋다.(미국의 규제치에 대응해서는 최고 1.0 wt% 이하이어야 한다)

- 피스톤의 설계 변경으로 Oil Consumption 및 Cylinder bore polishing이 개선됨에 따라 디젤엔진오일에 있어서의 Particulate에 대한 역할이 보다 더 기대될 것이다.

- 저유황 경유(0.05% 이하)의 사용으로 엔진마모는 20% 정도 줄어들 것이며 따라서 오일 교환주기도 연장될 것이다.