

차량 운행에 따른 엔진오일 물성변화 연구

임영관[†] · 함송이 · 이정민 · 정충섭

한국석유관리원 녹색기술연구소

A Study on the Change of Physical Properties of Engine Oil after Vehicle Driving

Young-Kwan Lim[†], Song-Yi Ham, Joung-Min Lee and Choong-Sub Jeong

Fuel Technology R&D Center, Korea Institute of Petroleum Management, Chung-buk, 363-883, Korea

(Received November 15, 2011; Revised January 31, 2012; Accepted February 16, 2012)

Abstract – The engine oil is an oil used for lubrication of various internal combustion engines. Recently, the vehicle and engine oil manufacture usually guarantee for oil change over 15000~20000 km mileage, but the most of driver usually change engine oil every 5000 km driving in Korea. In this case, it is possible to cause environmental contamination by used engine oil and increase the cost of driving by frequently oil change. In this study, we investigate the various physical properties such as flash point, pour point, kinematic viscosity, cold cranking simulator, total acid number, and four-ball test for fresh engine oil and used engine oil after vehicle driving (5000 km, 10000 km). The test result showed that the total acid number and wear scar by four-ball test of used engine oil had increased than fresh engine oil, but 2 kind of used oil (5000 km and 10000 km) had similar physical properties.

Keywords – engine oil(엔진오일), vehicle driving(차량운행), fresh oil(신유), used oil(사용유), physical properties(물성)

1. 서 론

석유는 기원전부터 소규모로 사용되어져 왔으며, 19세기 후반부터 등유램프의 사용으로 전세계적으로 크게 보급되어졌다[1]. 그로부터 유전개발 기술의 발달로 석유자원을 대량 생산함으로써 석유화학산업, 의약, 제약, 의류, 항공 등과 같은 산업분야 발전의 원동력이 되었으며, 특히 자동차산업의 발전을 가능케 하였다[2].

1950년대 중반부터 국내 자동차산업이 시작된 이래, 급속도로 자동차 산업이 발전되어 현재(2011년도 기준) 1800만대 이상의 자동차 보급을 보이고 있다[3]. 자동차의 생산, 판매가 증가되면서 이와 함께 자동차 운행에 필요한 소모품 또한 증가되고 있으며, 엔진오일은

자동차 운행에 있어 대표적 소모품 중 하나이다.

엔진오일은 원동기의 엔진을 원활하게 회전시키는 윤활제로서 항상 적정량을 유지하여야 하며, 아울러 주기적으로 적당한 시기에 교환을 하여야 하는 소모품이다. 엔진오일을 너무 오랫동안 교환하지 않을 경우, 엔진오일의 소모로 인한 부족현상이 발생하여 적절한 윤활작용을 할 수 없으며, 연소과정에서 생성되는 그을름(soot)에 의한 마찰마모 증가를 야기시킬 수 있다[4]. 하지만 적정 엔진오일 교환시기보다 빨리 교환할 경우 에너지 낭비와 함께 폐엔진오일에 의한 환경오염이 유발될 수 있다[5].

최근 자동차기술과 엔진오일 성능의 비약적 발전으로 외국 자동차사의 경우 오일교환 권장주기가 15000 km ~ 20000 km로 향상되었으며, 국내의 경우 또한 해외와 마찬가지로 15000~20000 km를 권장하고 있다[7]. 하지만 한국소비자원의 설문조사에 의하면 국내 자동차 운

[†]주저자 · 책임저자 : yklim92001@kpetro.or.kr

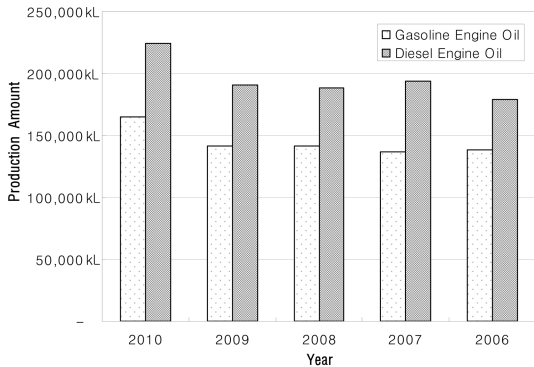


Fig. 1. The status of engine oil production in Korea[6].

전자들의 60% 정도가 5000 km 주행 후에 엔진오일을 교환하고 있으며, 15% 정도가 10000 km 주행 후에 엔진오일을 교환하고 있는 것으로 조사되었다. 특히 전체 차량운전자의 3% 미만만이 권장 엔진교환 주기인 15000~20000 km를 운행한 뒤, 엔진오일을 교환하는 것으로 조사되었다[8].

연간 엔진오일을 3회 교환, 1회 교환 시 폐엔진오일이 5L 발생된다고 가정할 경우, 국내 승용차 등록차량(2011년 기준 차량 1800만여대 이상 중 승용차 비중은 약 1400만여대)을 고려, 연간 약 2억 1천만 L의 폐엔진오일

이 생성되며, 이렇게 생성된 폐엔진오일은 토양 및 지하수의 환경오염을 초래할 수 있다. 또한 1회 교환비용을 50000원으로 가정할 경우, 국내 등록차량이 3회 오일교환을 할 경우, 연간 국내에서 약 2조 1천억원의 차량엔진오일 교환비용이 소요된다. 현재 일반적인 엔진오일 교환주기인 5000 km를 10000 km로 연장하였을 경우, 국가적으로 약 1조 이상의 비용이 절감되며, 20000 km로 연장하였을 경우, 약 2조원 이상의 비용이 절감될 수 있다. 또한 엔진오일 교환주기를 5000 km에서 10000 km로 연장하였을 경우, 폐엔진오일 생성량을 약 1억 L를 줄일 수 있으며, 20000 km로 연장하였을 경우, 2억 L 이상을 줄일 수 있다. 이와 같이 짧은 엔진오일 교환주기를 적정교환주기로 연장할 경우, 국가적인 비용절감 및 폐엔진오일에 의한 환경오염방지에 기여할 수 있다.

본 연구에서는 엔진오일 적정 교환주기를 유추하기 위해 12종의 차량을 이용해 5000 km와 10000 km를 주행한 뒤, 회수된 엔진오일의 물성을 Table 1에 표기된 국내 자동차용 엔진오일 기준항목에 의거해 분석하였다[9].

2. 실험

2-1. 사용 엔진오일 및 차량

엔진오일은 SK루브리컨츠에서 생산되는 HIFLO

Table 1. Specification of vehicle engine oil in Korea

Grade Item	Grade SAE0W	Grade SAE5W	Grade SAE10W	Grade SAE15W	Grade SAE20W	Grade SAE25W	Grade20 SAE20	Grade30 (SAE30)	Grade40 (SAE40)	Grade50 (SAE50)	Grade60 (SAE60)
Flash Point(°C)	over 170	over 170	over 170	over 175	over 180	over 185	over 180	over 190	over 195	over 200	over 205
Cold Cranking Simulator(Pa.s)	below 6.20 (-35°C)	below 6.60 (-30°C)	below 7.00 (-25°C)	below 7.00 (-20°C)	below 9.50 (-15°C)	below 13.00 (-10°C)	-	-	-	-	-
Kinematic Viscosity (100°C,mm ² /s)	over 3.8	over 3.8	over 4.1	over 5.6	over 5.6	over 9.3	5.6~9.3	9.3~12.5	12.5~16.3	16.3~21.9	21.9~26.1
Viscosity Index	over 85	over 85	over 85	over 85	over 85	over 85	over 85	over 85	over 85	over 85	over 85
Pour Point(~)	below -35.0	below -30.0	below -25.0	below -22.5	below -22.5	below -17.5	below -12.5	below -10.0	below -7.5	below -5.5	below -2.5
Oxidation Stability (165.5°C, 24 h)	Ratio of Viscosity below 1.5	below 1.5	below 1.5	below 1.5	below 1.5	below 1.5	below 1.5	below 1.5	below 1.5	below 1.5	below 1.5
	Increase of TAN (mgKOH/g)	below 1.6	below 1.6	below 1.6	below 1.6	below 1.6	below 1.6	below 1.6	below 1.6	below 1.6	below 1.6
	Lacquer	light	light	light	light	light	light	light	light	light	light

MAX 10W30을 사용하였으며, 차량은 AJ렌터카에서 소유하고 있는 차량(그랜저, 소나타, 아반떼, 로체, K5, SM5)을 이용하였으며, 렌터카에서 보유하고 있는 차량이 최근 차량인 관계로 본 연구에서 이용된 차량은 생산된 지 4년 이하(2011년~2007년)의 차량을 대상으로 실시하였다. 엔진오일 교환 방법은, 일반적으로 카센터에서 엔진오일을 교환하는 방법으로서 사용한 엔진오일을 빼낸 후, 세척(flushing) 없이 새로운 엔진오일로 충전하였으며, 엔진오일 교환 시, 오일필터와 에어클리너를 함께 교환하였다.

2.2. 엔진오일 물성분석

2-2-1. 동점도 및 저온겔보기 점도 분석

동점도는 Cannon Instrument Company사의 CAV 2000 series의 Cannon 1257 유리제 모세관식 튜브를 이용하여 40°C와 100°C에서 ASTM D 445 방법에 따라 측정하였다. 모세관식 튜브에는 3개의 밸브(bulb)가 있으며, 밸브사이에 온도센서가 있어 시료 약 15 mL를 흡입 상승시킨 뒤, 시료가 중력에 의해 하강하는 시간을 온도센서로 감지함으로써 동점도가 측정된다.

저온겔보기점도는 Cannon Instrument Company사의 CCS-2000 series를 이용하여 50 mL의 시료를 취해 -25°C에서 회전자의 속도와 점도와의 함수관계를 이용하여 겔보기점도를 측정하였다.

2-2-2. 인화점 및 유동점 분석

인화점은 용기에 시료 70 mL를 채운 뒤, TANAKA사의 ACO-T601장비를 이용하여 클리브랜드 개방법(Cleveland open cup), KS M ISO 2592 방법에 준하여 분석하였다. 시료의 온도를 높이면서, 가열된 전기코일에 의해 인화되는 최저온도를 인화점으로 측정하였다.

유동점(Pour point)은 ASTM D 6749 방법에 의해 TANAKA사의 MPC-602를 이용하여 측정하였다. 4 mL의 시료를 용기에 채운 뒤, 45°C로 가온한 후, 분당 1°C의 속도로 냉각하면서 시료가 흐를 수 있는 최저 온도를 유동점으로 측정(2.5°C 단위로 측정)하였다.

2-2-3. 전산가 및 내마모성능(Four ball tester) 분석

전산가는 Metrohm사의 805 Dosimat을 이용하였으며, KS M ISO 6618방법에 의거해 분석하였다. 시료 1~2 g의 시료를 유리컵에 취한 뒤, 50 mL의 용매(Tol

: IPA : Water = 50 : 49.5 : 0.5)로 시료를 녹인 후, 0.1 N KOH를 이용하여 적정하여 전류값의 변환지점을 당량점으로 인식하여, 시료중의 산값을 분석하였다.

내마모성능은 Falax사의 Friction & wear test machine을 이용하여 ASTM D 41728방법에 준해 시험하였다. 4개의 금속구를 40 kg하중, 75°C에서 1200 rpm으로 회전시킨 뒤, 하부에 위치한 3개의 금속구에 형성된 마모흔의 크기를 현미경으로 측정하였다.

3. 결과 및 고찰

3-1. 동점도 및 저온겔보기 점도

본 연구에서 사용된 12종의 차량에서 회수된 엔진오일과 신유의 저온겔보기점도와 동점도 및 점도지수를 측정하였다. Table 2에서 보는 바와 같이 저온겔보기점도 분석결과, 신유는 8132 mPa·s를 보였으며, 사용유는 5735~12490 mPa·s의 넓은 분석값을 보였다. 자동차의 운전과정에서 미량의 연료 및 연소가스가 오일팬(oil pan) 측으로 들어갈 수 있으며, 이러한 경우 엔진오일이 묽어져 낮은 저온겔보기점도를 보일 수 있다. 또한 엔진의 마찰, 마모에 의해 형성된 미량의 금속마모분과 같은 이물질이 엔진오일에 존재할 때, 저온겔보기점도는 증가될 수 있으며, 오일의 열화 및 저비점물질의 증발에 의해 저온겔보기점도가 증가할 수 있다. 따라서 사용유의 저온겔보기점도는 Table 2에서 보는 바와 같이 다소 넓은 범위에서 측정된 것으로 판단된다. 점도지수는 온도변화에 따른 동점도 변화값을 지수화한 것으로 점도지수가 높을수록 온도변화에 따른 동점도 변화가 낮은 것을 의미한다. 따라서 온도변화가 심한 차량용 엔진오일의 경우, 온도에 따른 동점도 변화를 최소화하기 위해 대부분 엔진오일 내에 점도지수 향상제를 일정 비율로 혼합하고 있다. 본 연구에 사용된 신유의 점도지수는 147값을 보였으며, 5000 km와 10000 km에서 회수된 사용엔진의 경우 신유와 큰 차이를 보이지 않음을 알 수 있었다.

3-2. 인화점, 전산가, 유동점 및 내마모성능 분석

본 연구에서 사용된 12종의 차량에서 회수된 엔진오일과 신유의 인화점, 전산가, 유동점 및 내마모성능을 분석하였다. 분석결과 인화점의 경우, 신유는 206°C를 보였지만 사용엔진오일은 192~232°C를 보였다. 이처럼 신유보다 사용엔진오일의 인화점 상승현상을 관찰할

Table 2. Determination of cold cranking simulator and kinematic viscosity

Vehicle	Production Year	Mileage (km)	Cold cranking Simulator(Pa · S)	Kinematic Viscosity(mm ² /s)		Viscosity Index
				40°C	100°C	
New oil	-	0	8132	69.24	10.88	147
SONATA	2010	10000	8481	64.01	9.764	135
		5000	5939	45.75	7.976	147
	2007	10000	7196	59.15	9.816	151
		5000	8345	44.23	7.761	146
GRANDEUR	2010	10000	6658	58.42	9.931	157
		5000	9254	63.21	9.827	139
	2008	10000	8124	64.32	9.004	115
		5000	5735	43.68	7.709	146
AVANTE	2010	10000	12040	63.87	9.764	136
		5000	5982	57.33	9.793	157
	2009	10000	9193	64.08	10.11	144
		5000	8753	58.43	9.704	151
LOTZE	2010	10000	8510	63.91	9.885	139
		5000	8510	44.20	7.740	145
	2009	10000	8422	63.78	10.17	146
		5000	8433	52.20	8.811	148
K5	2011	10000	9146	61.12	10.13	153
		5000	9230	61.72	9.631	139
	2010	10000	9176	52.87	9.812	174
5000		9193	61.79	9.629	138	
SM5	2011	10000	8226	63.75	10.12	145
		5000	12033	70.53	10.42	134
	2010	10000	8481	63.77	10.13	145
		5000	12490	70.44	10.42	134

수 있었는데, 이는 차량 운행시, 고온상태에서 엔진오일 내의 저비점 물질이 휘발되어 인화점이 상승되었을 것으로 판단된다. 전산가는 오일 1g에 함유된 산을 중화시키는데 필요한 KOH의 양(mg)을 의미하며, 전산가가 높을수록 오일 내에 함유된 산 함량이 높아, 금속과 고무류에 대한 부식 정도를 높일 수 있다. Table 3에서 보는 것과 같이 신유에 비해 사용엔진오일은 산화에 의해 전산가가 증가됨을 볼 수 있었지만 5000 km와 10000 km에서 회수된 사용엔진오일의 경우 큰 차이를 보이지 않았다. 일반적으로 사용엔진오일의 전산가는 실온에서 방치할 경우, 계속적으로 산가의 증가

가 관찰되는 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서는 사용엔진오일 회수과정(3~7일)에서 다소 시간이 지연되어 실제 전산가보다 더 높게 분석되었을 것으로 추측된다. 따라서 본 연구에서 측정된 전산가는 재검토가 필요할 것으로 판단된다. 저온에서 유동되지 않는 온도인 유동점은 신유는 -42.5°C를 보였으며, 사용유는 -37.5~-42.5°C로 거의 변화가 없는 것으로 분석되었다.

내마모성능 시험결과 신유는 0.249 mm의 마모흔을 보였으며, 5000 km와 10000 km에서 회수된 사용엔진오일은 이보다 2~3배 크기의 마모흔이 관찰되었다. 이는 엔진오일 내 윤활성향상제와 같은 첨가제의 분해와

Table 3. Analysis of engine oil characteristics

Vehicle	Production Year	Mileage (km)	Flash Point (°C)	TAN (mg KOH/g)	Pour point (°C)	Wear scar (mm)
Fresh Oil	-	0	206	1.9172	-42.5	0.249
SONATA	2010	10000	226	3.9631	-42.5	0.569
		5000	214	4.0098	-40.0	0.446
	2007	10000	222	3.9585	-40.0	0.673
		5000	216	4.2931	-40.0	0.679
GRANDEUR	2010	10000	202	5.4975	-40.0	0.415
		5000	192	5.3787	-40.0	0.512
	2008	10000	206	3.8848	-42.5	0.435
		5000	222	3.3672	-40.0	0.395
AVANTE	2010	10000	206	4.2032	-40.0	0.598
		5000	204	3.8024	-40.0	0.548
	2009	10000	212	4.3736	-40.0	0.571
		5000	216	4.2356	-40.0	0.361
LOTZE	2010	10000	220	2.4604	-40.0	0.397
		5000	226	4.0996	-40.0	0.471
	2009	10000	216	2.5826	-40.0	0.406
		5000	204	3.7281	-40.0	0.477
K5	2011	10000	232	3.2690	-37.5	0.572
		5000	206	2.1182	-40.0	0.586
	2010	10000	220	3.9173	-40.0	0.421
		5000	214	4.1640	-40.0	0.639
SM5	2011	10000	216	3.1390	-37.5	0.441
		5000	228	2.6200	-40.0	0.501
	2010	10000	222	2.4749	-42.5	0.421
		5000	234	4.7589	-40.0	0.518

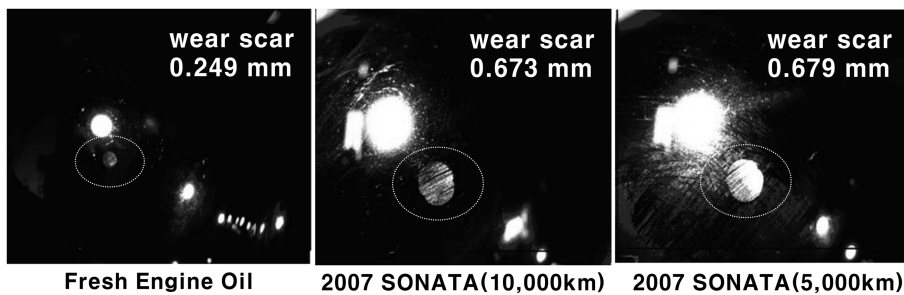


Fig. 2. Four ball test result for fresh oil and used engine oil (10000 km, 5000 km) by sonata vehicle.

금속분과 같은 이물질 생성에 따른 윤활성능 저하로 마모흔 증가로 판단된다. 하지만 내마모성능 역시

5000 km와 10000 km에서 회수된 사용엔진오일의 마모흔이 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 엔진오일 적정 교환주기를 유추하기 위해 12종의 차량을 이용해 5000 km와 10000 km를 주행한 뒤, 회수된 엔진오일의 물성을 분석하였다.

분석결과, 신유에 비해 사용엔진오일의 점도, 유동점은 큰 변화가 없었으며, 인화점은 저비점의 물질이 휘발되면서 신유에 비해 다소 증가되는 경향을 보였다. 전산가의 경우, 신유에 비해 사용유의 산화에 의해 전산가가 높게 측정되었으며, 내마모성능은 신유보다 사용유의 마모흔이 크게 나타남으로서 윤활성능이 저하되는 것을 볼 수 있었다. 하지만 5000 km와 10000 km를 주행한 차량에서 얻은 사용엔진오일의 경우, 주행거리와 큰 차이가 없이 전산가와 내마모성능 분석값을 얻을 수 있었다. 하지만 본 연구에서 사용엔진오일의 회수기간이 지연(3~7일)됨에 따라, 전산가는 실제 값보다 증가하였을 거라 판단되며, 이는 재검토가 필요한 것으로 판단된다.

따라서 현재 해외의 엔진오일보다 뒤지지 않는 국내 엔진오일의 성능을 고려할 때, 현재 많은 운전자들이 5000 km로 교환하고 있는 엔진오일을 10000 km까지 사용하여도 큰 문제점이 없을 것으로 보이며, 이로 인해 국가적 비용절감 및 폐엔진오일 절감에 따른 환경오염 방지에 큰 기여를 할 것으로 기대된다.

후 기

본 연구는 한국석유관리원과 한국소비자원의 공동연구인 ‘자동차 소모품 적정교환주기 모니터링’ 연구 사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. <http://www.petroleum.or.kr/>
2. D. Antoni, V. V. Zverlow and W. H. Schwarz, "Bio-fuels from Microbes," *Applied microbiology and biotechnology*, Vol. 77, pp. 23-35, 2007.
3. Korea Automobile Manufacture Association (<http://www.kama.or.kr/>)
4. E. Richard Brooser, *Handbook of lubrication, Theory and practice of tribology*, Vol. II, Theory & Design, CRC Press.
5. P. Agamuthu, O.P. Abioye and A. Abdul Aziz, "Phytoremediation of Soil Contaminated with used Lubricating oil using *Jatropha Curcas*," *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 179, pp. 891-894, 2010.
6. Korea Lubricating Oil Industries Association (<http://www.kloia.or.kr/>)
7. Manual for regular inspection in Hyundai motor company (<http://www.hyundai.com/kr>)
8. Korea Consumer Agency (<http://www.kca.go.kr/>)
9. Business act for quality standard inspection method and inspection fee for petroleum product, Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2011-229.