에너지공학, 제22권 제2호(2013)
Journal of Energy Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 237~244(2013)

차량 운행에 따른 엔진오일의 성능특성 평가 연구

이정민 · 임영관 · 정충섭 · 한관욱 · 나병기*†
한국석유관리원 석유기술연구소, *충북대학교 화학공학과
(2013년 1월 28일 접수, 2013년 6월 14일 수정, 2013년 6월 14일 채택)

The study on performance of characteristics in engine oil by vehicle driving

Joung-Min Lee · Young-Kwan Lim · Choong-Sub Jung · Ye-Eun Kim · Kwan-Wook Han · Byung-Ki Na*
Research Center, Korea Institute of Petroleum Management,
*Department of Chemical Engineering, Chungbuk University
(Received 28 January 2013, Revised 14 June 2013, Accepted 14 June 2013)

요 약

엔진오일은 다양한 내연기관의 윤활을 위한 가장 기본적인 윤활제이다. 최근 자동차사 및 엔진오일 제조사 등은 엔진오일의 교환주기를 15000~20000 km를 권장하고 있는 반면, 대부분의 정비관련업자 및 운전자들은 엔진오일의 성능진보와는 별개로 관습적으로 매5000 km 마다 엔진오일을 교환권유 또는 인식하고 있다. 빈번한 엔진오일의 교환은 폐엔진오일로 인한 환경오염과 차량 유지비 등의 증가 요인으로 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 신유와 실제 운행조건의 차량을 활용하여 5000 km, 10000 km를 각각 주행한 후 회수된 사용엔진오일의 다양한 물성으로 인화점, 유동점 ,동점도, 저온겉보기점도, 전산가, 4구식 내마모시험 및 금속분을 조사 분석하였다. 결과적으로 사용엔진오일은 신유에 비해 전산가, 마모흔, 철과 구리 성분 증가가 다소 관찰되었지만, 주행거리별 사용엔진오일의 물성 및 금속분 변화는 거의 유사하였다

주요어 : 엔진오일, 신유, 사용유, 금속분

Abstract - The engine oil is 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. It can cause to raise 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 characteristics, total acid number, four-ball test and concentration of metal component for fresh engine oil and used engine oil after real vehicle driving (5000 km, 10000 km). The result showed that the total acid number, wear scar diameter by four-ball test, Fe and Cu had increased than fresh engine oil, but 2 kind of used oil (5000 km and 10000km) had similar physical values and concentration of metal component .

Key words : ESCO, technology-focused, professional ESCO, evaluation indicator

†To whom corresponding should be addressed.
Department of Chemical Engineering, Chungbuk University
Tel : 043-261-3369 E-mail: nabk@chungbuk.ac.kr

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 보급률을 보이고 있다[3]. 자동차의 생산, 판매가 증가되면서 이와 함께 자동차 운행에 필요한 소모품 또한 증가되고 있으며, 엔진오일은 자동차 사용에 있어 대표적 소모품 중 하나이다.

엔진오일은 원동기의 엔진을 원활하게 회전시키는 윤활제로서 항시 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 그을음(soot)에 의해 마찰마모 증가가 초래될 수 있다[4]. 또한 장기간 공기와 습기에 노출된 엔진오일은 쉽게 산화되어, 산화된 엔진오일에 의해 엔진을 구성하고 있는 금속과 고무류를 부식시킬 수 있으며, 슬러지 형성, 점도 변화 등을 발생시킬 수 있다[5]. 하지만 적정 엔진오일 교환시기보다 빨리 교환할 경우 에너지 낭비와 함께 폐엔진오일에 의한 환경오염이 유발될 수 있다[6].

최근 자동차기술과 엔진오일 성능의 비약적 발전으로 외국 자동차사 뿐만 아니라 국내 자동차사에서도 15000 km ~ 20000 km 주행 후, 엔진오일을 교환하도록 권장하고 있다[8]. 하지만 한국소비자원의 설문조사에 의하면 국내 자동차 사용자들의 60% 정도가 5000 km의 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[9].

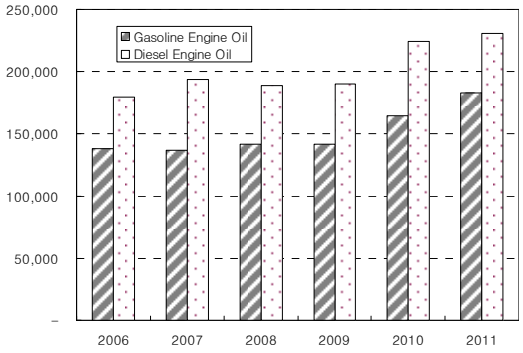

Fig. 1. The Status of Engine Oil Production in Korea[7].

연간 엔진오일을 3회 교환, 1회 교환 시 폐엔진오일이 5 L 발생된다고 가정할 경우, 국내 등록차량(2011년 기준 1800만대 이상)을 고려, 연간 약 2억 7천만 L의 폐엔진오일이 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 7천억원의 차량엔진오일 교환비용이 소요된다. 현재 일반적인 엔진오일 교환주기인 5000 km를 10000 km로 연장하였을 경우, 국가적으로 약 1조 3천억원 이상의 비용이 절감되며, 20000 km로 연장하였을 경우, 약 2조원 이상의 비용이 절감될 수 있다. 또한 엔진오일 교환주기를 5000 km에서 10000 km로 연장하였을 경우, 폐엔진오일 생성량은 1억 3천만 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.

우리 연구팀은 이러한 이유로, 차량을 이용하여 실제 주행한 뒤, 회수된 엔진오일(5000 km, 10000 km)과 사용하지 않은 신유에 대한 물성비교를 한 결과 신유에 비해 엔진오일 특성변화가 있었지만, 5000 km 주행 후 회수된 엔진오일과 10000 km 주행 후 회수된 엔진오일의 물성변화은 거의 미미했다고 보고하였다[10].

본 연구에서는 엔진오일 물성도 중요하지만 엔진오일의 노화(oxidation)는 엔진의 마모, 마찰을 가속화시키기 때문에 엔진오일의 성능특성 평가를 위해서

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(℃)		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℃)	below 6.60 (-30℃)	below 7.00 (-25℃)	below 7.00 (-20℃)	below 9.50 (-15℃)	below 13.00 (-10℃)	-	-	-	-	-
Kinematic Viscosity (100℃,㎟/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℃ ,24h)	ratio of Viscosity	below1.5	below1.5	below1.5	below1.5	below1.5	below1.5	below1.5	below1.5	below1.5	below1.5	below1.5
	Increase of TAN (mgKOH/g)	below1.6	below1.6	below1.6	below1.6	below1.6	below1.6	below1.6	below1.6	below1.6	below1.6	below1.6
	Lacquer	light	light	light	light	light	light	light	light	light	light	light

는 중요한 분석항목으로 금속분을 고려하였으며, 따라서, 신유와 사용엔진유(5000 km, 10000 km)에 대한 금속분은 ICP-OES (Inductively coupled plasma - Optical emission spectrometry)를 이용하여 분석하였다.

본 연구에서는 엔진오일의 성능특성을 기반으로 적정 교환주기를 유추하기 위해 12종의 차량을 이용해 5000 km와 10000 km를 주행한 뒤, 회수된 엔진오일의 물성을 Table 1에 표기된 국내 자동차용 엔진오일 기준항목에 의거해 분석하였으며, 엔진오일 내의 금속분 함량변화를 분석하였다.

2. 실 험

2-1 사용 엔진오일 및 차량

엔진오일은 국내 “S사”에서 생산되는 멀티그레이드10W30을 사용하였으며, 차량은 “A”렌터카에서 소유하고 있는 차량(그랜저, 소나타, 아반떼, 로체, K5, SM5) 중 차령이 4년 이하(2011년 ~ 2007년)인 차량을 활용하였다.

2-2 엔진오일 물성분석

2-2-1 동점도 및 저온 겉보기 점도 분석

동점도는 Cannon Instrument Company사의 CAV 2000 series의 Cannon 1257 유리제 모세관식 튜브를 이용하여 40 ℃와 100 ℃에서 ASTM D 445 방법에 따라 측정하였다. 모세관식 튜브에는 3개의 벌브(bulb)가 있으며, 벌브사이에 센서가 있어 시료 약 15 mL를 흡입 상승시킨 뒤, 시료가 중력에 의해 낙하하는 시간을 센서로 감지함으로서 동점도가 측정된다.

저온겉보기점도는 Cannon Instrument Company사의 CCS-2000 series를 이용하여 50 mL의 시료를 취해 -30 ℃에서 회전자의 속도와 점도와의 함수관계를 이용하여 겉보기점도를 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 최저온도로서 인화점으로 측정하였다.

유동점(Pour point)은 ASTM 2500 방법에 의해 TANAKA사의 MPC-602를 이용하여 측정하였다. 4 mL의 시료를 용기에 채운 뒤, 45 ℃로 가온한 후, 분당 1 ℃의 속도로 냉각하면서 시료가 고체상으로 전환되어 유동되지 않는 온도를 유동점으로 측정(2.5 ℃ 단위로 측정)하였다.

2-2-3 전산가(Acid number) 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 ℃에서 1200 rpm으로 회전시킨 뒤, 하부에 위치한 3개의 금속구에 형성된 마모흔의 크기를 현미경으로 측정하였다.

2-2-4 유도결합플라즈마 발광분광계(ICP-OES) 분석

시료의 중금속 함량을 측정하기 위해 ICP-OES (high dispersion ICP; Teledyne Leeman Labs, USA) 분석을 실시하였다. 표준용액(Multi element S-21, Conostan, Canada) 0.1 ppm, 0.5 ppm, 5 ppm으로 검량선을 작성하였으며, 시료는 Kerosene (95%, Samchun Chemicals)을 사용하여 각각 200배 희석하여 측정하였다. 분석조건은 Table 2과 같다.

Table 2. Instrumental parameters and measurement conditions

Parameter	Condition
R.F. generator	40.68 MHz, 2.0 kW Maximum
R.F. power	1.4 kW
Nebulizer	Concentric Type
Gas flow rates	Plasma argon : 15 L/min Auxiliary argon : 0.8 L/min Nebulizer argon : 46 psi
Solution uptake rate	0.9 mL/min
Number of replicates Sample uptake time	3 30 sec
Post-wash time	100 sec
Wave length	165 - 1100 nm

3. 실 험

3-1 동점도 및 저온겉보기 점도

본 연구에서 사용된 12종의 차량에서 회수된 사용엔진오일 및 신유의 저온겉보기점도와 동점도 및 점도지수를 측정하였다. Table 3에서 보는 바와 같이 저온겉보기점도 분석결과, 신유는 4489 Pa·S를 보였으며, 사용유는 5735 ~ 12490 Pa·S의 넓은 분석값을 보였다. 자동차의 운전과정에서 미량의 연료가 연소실에 들어갈 수 있으며, 이러한 경우 엔진오일이 묽어져 낮은 저온겉보기점도를 보일 수 있다. 또한 엔진의 마찰, 마모에 의해 형성된 미량의 금속마모분과 같은 이물질이 엔진오일에 존재할 때, 저온겉보기점도는 증가될 수 있다. 본 연구에서 사용된 사용엔진오일의 경우, 미량의 금속마모분이나 이물질에 의해 저온(-25 ℃)에서의 겉보기점도가 Table 2에서 보는 바와 같이 신유에 비해 높은 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 ℃를 보였지만 사용엔진오일은 192 ~ 232 ℃를 보였다. 이처럼 신유보다 사용엔진오일의 인화점 상승현상을 관찰할 수 있었는데, 이는 차량 운행시, 고온상태에서 엔진오일 내의 저비점 물질이 휘발되어 인화점이 상승되었을 것으로 판단된다. 전산가는 오일 1 g에 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 4에서 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 증가가 관찰되는 것으로 알려져 있으며, 본 연구에서는 사용엔진오일 회수과정에

Table 3. Determination of Cold cranking Simulator and Kinematic Viscosity

Vehicle	Production Year	Mileage (km)	Cold cranking Simulator(Pa·S)	Kinematic Viscosity (mm2/s)		Viscosity Index
				40 ℃	100 ℃	
New oil	-	0	4489	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	9193	64.08	10.11	144
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

Table 4. Analysis of engine oil characteristics

Vehicle	Production Year	Mileage (km)	Flash Point(℃)	TAN (mg KOH/g)		Pour point (℃)
				Flesh Oil	-	
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
	5000	216	4.2931	-40.0	0.679	
		GRANDEUR	2010	10000	202	5.4975
5000	192	5.3787	-40.0	0.512		
		2008	10000	206	3.8848	-42.5
	5000	222	3.3672	-40.0	0.395	
		AVANTE	2010	10000	206	4.2032
5000	204	3.8024	-40.0	0.548		
		2009	10000	212	4.3736	-40.0
	5000	216	4.2356	-40.0	0.361	
		LOTZE	2010	10000	220	2.4604
5000	226	4.0996	-40.0	0.471		
		2009	10000	216	2.5826	-40.0
	5000	204	3.7281	-40.0	0.477	
		K5	2011	10000	232	3.2690
5000	206	2.1182	-40.0	0.586		
		2010	10000	220	3.9173	-40.0
	5000	214	4.1640	-40.0	0.639	
		SM5	2011	10000	216	3.1390
5000	228	2.6200	-40.0	0.501		
		2010	10000	222	2.4749	-42.5
	5000	234	4.7589	-40.0	0.518	

Table 5. Determination of P and Zn atom in lubricant and extreme pressure additive using ICP-OES

Vehicle	Production Year	Mileage (km)	P (ppm)	Zn (ppm)
New oil	-	0	851	744
SONATA	2010	5000	22	708
		10000	115	338
	2007	5000	643	661
		10000	706	661
GRANDEUR	2010	5000	27	34
		10000	35	49
	2008	5000	31	42
		10000	24	31
AVANTE	2010	5000	764	699
		10000	491	563
	2009	5000	28	36
		10000	56	70
LOTZE	2010	5000	35	43
		10000	34	43
	2009	5000	775	687
		10000	631	581
K5	2011	5000	16	4
		10000	540	549
	2010	5000	507	504
		10000	737	743
SM5	2011	5000	33	1
		10000	33	42
	2010	5000	676	753
		10000	735	826

서 다소 시간이 지연되어 실제 산가보다 좀 더 높게 분석되었을 것으로 추측된다. 저온에서 유동되지 않는 온도인 유동점은 신유는 -42.5 ℃를 보였으며, 사용유는 -37.5 ~ -42.5 ℃로 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 금속분과 같은 이물질 생성에 따른 윤활성능 저하와 마모흔 증가로 판단된다. 하지만 내마모성능 역시 5000 km와 10000 km에서 회수된 사용엔진오일의 마모흔이 크게 다르지 않음을 알 수 있다.

3-2 금속분 분석[11]

본 연구에서 사용된 12종의 차량에서 회수된 엔진오일과 신유 내에 함유된 금속성분을 ICP를 이용하여 분석하였다. 대상금속 성분은 윤활성향상제와 극압제에 사용되는 P와 Zn, 청정분산제로 사용하는 Ca, Na, 그리고 운전과정에서 엔진구성품의 마찰로 형성된 마모성분으로써 Fe과 Cu를 분석하였다.

Table 5는 윤활성향상제와 극압제로 사용된 Zinc dialkyldithio phosphate를 구성하고 있는 성분 중, P와 Zn를 분석한 결과를 보여주고 있다. 사용하지 않은 신유는 P는 측정파장 178.283에서 851 ppm, Zn는 213.856에서 744 ppm을 보였으며, 사용유의 경우, 고온에서 P와 Zn의 파괴 또는 벽면에 코팅됨으로서 신유보다 낮은 농도를 보였다. 하지만 5000 km와 10000 km에서의 P와 Zn의 뚜렷한 변화는 찾아볼 수 없었다.

청정분산제는 슬러지, 카본, 연료나 엔진오일의 일부가 산화되어 발생하는 슬러지를 유중에 분산시켜 엔진의 내구수명에 영향을 미치는 퇴적물이나 마모를 억제하는 작용을 하는 첨가제이다. 일반적으로 청정분산제는 Ca 또는 Na을 포함하는 Phenate나 sulfonate의 금속계 청정제가 많이 사용되며, Table 6은 이들 청정분산제 내의 Na와 Ca을 분석한 결과를 보여주고 있다. 사용하지 않은 신유에서 Ca는

Table 6. Determination of Ca and Na atom in detergent-dispersant using ICP-OES

Vehicle	Production Year	Mileage (km)	Ca (ppm)	Na (ppm)
New oil	-	0	1692	426
SONATA	2010	5000	1539	22
		10000	1307	87
	2007	5000	1611	143
		10000	1509	237
GRANDEUR	2010	5000	71	12
		10000	64	48
	2008	5000	73	237
		10000	63	11
AVANTE	2010	5000	1521	359
		10000	1344	215
	2009	5000	73	13
		10000	29	264
LOTZE	2010	5000	79	179
		10000	72	14
	2009	5000	1440	91
		10000	1259	243
K5	2011	5000	0	362
		10000	1557	231
	2010	5000	1453	208
		10000	1696	25
SM5	2011	5000	76	21
		10000	68	13
	2010	5000	1463	320
		10000	2265	284

Table 7. Determination of Fe and Cu atom in engine oil using ICP-OES

Vehicle	Production Year	Mileage (km)	Fe (ppm)	Cu (ppm)
New oil	-	0	4	7
SONATA	2010	5000	22	54
		10000	7	11
	2007	5000	24	52
		10000	14	7
GRANDEUR	2010	5000	10	19
		10000	12	27
	2008	5000	29	24
		10000	23	17
AVANTE	2010	5000	8	8
		10000	27	17
	2009	5000	14	38
		10000	10	24
LOTZE	2010	5000	29	13
		10000	26	20
	2009	5000	27	15
		10000	13	7
K5	2011	5000	9	12
		10000	14	17
	2010	5000	8	27
		10000	14	75
SM5	2011	5000	6	16
		10000	18	21
	2010	5000	7	8
		10000	33	63

317.933 nm 측정파장에서 1692 ppm을 보였으며, Na는 588.995 nm 측정파장에서 426 ppm을 보였다. 사용엔진오일 내에 함유되어져 있는 Ca과 Na를 분석한 결과, 신유에 비해 농도가 낮아지는 것을 확인할 수 있었지만, 차량 운행거리에 따른 농도변화는 크게 차이를 보이지 않았다.

다음으로는 엔진오일 내에 함유된 첨가제 물질 외에 차량운행에 따른 엔진의 마모, 마찰을 통해 형성된 철과 구리에 대한 분석을 하였다. 신유에서는 259.940 nm에서 4 ppm의 Fe이, 327.396 nm에서 7 ppm의 Cu가 검출되었으며, 사용엔진오일을 분석한 결과, 신유보다 많은 양의 Fe과 Cu가 검출됨을 확인하였다. 하지만 이들 금속 원소 역시 운행거리에 따른 차이는 볼 수 없었다.

4. 결론

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

분석결과, 신유에 비해 사용엔진오일의 점도, 인화점, 유동점은 큰 변화가 없었으며, 전산가의 경우, 신유에 비해 사용유의 산화에 의해 전산가가 높게 측정되었고, 저온겉보기점도는 사용엔진오일에 함유되어져 있는 고체상(sludge)에 의해 신유에 비해 높게 측정되었으며, 내마모성능은 신유보다 사용유의 마모흔이 크게 나타남으로서 윤활성능이 저하되는 것을 볼 수 있었다. 하지만 5000 km와 10000 km를 주행한 차량에서 각각 회수한 사용엔진오일의 경우, 주행거리에 관계없이 큰 차이가 없는 전산가, 저온겉보기점도 및 내마모성능 분석값을 얻을 수 있었다.

또한, 사용엔진오일 물성 외에 함유된 금속성분은 ICP를 이용하여 분석한 결과, 엔진오일의 첨가제에 함유된 금속원소는 신유에 비해 낮아지는 반면, 엔진을 구성하고 있는 Fe과 Cu 성분은 증가하는 결과를 얻을 수 있었다. 하지만 이들 금속원소 분석값에 있어서도 5000 km와 10000 km의 주행 후 회수된 엔진오일에서 큰 분석값의 차이가 나타나지 않았다.

따라서 해외의 엔진오일보다 뒤지지 않는 국내 엔진오일의 성능을 고려할 때, 현재 많은 운전자들이 5000 km로 교환 또는 인식하고 있는 엔진오일을 10000 km까지 사용하여도 큰 문제점이 없을 것으로 판단되며, 이로 인해 국가적 에너지비용절감 및 폐엔진오일 발생 저감에 따른 환경오염 방지에 크게 기여를 할 것으로 기대된다.

후기

본 연구는 한국석유관리원과 한국소비자원의 엔진오일성능특성을 기반으로 하는 '자동차 소모품 적정 교환주기 모니터링' 공동연구사업으로 수행되었습니다.

참고문헌

1. http://www.petroleum.or.kr/
2. D. Antoni, V. V. Zverlow and W. H. Schwarz, Biofuels from microbes, Applied microbiology and biotechnology, 2007, 77, 23-35
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. F. Owrang, H. Mattsson, J. Olsson and J. Pedersen, Investigation of oxidation of a mineral and a synthetic engine oil, Thermochimica Acta, 2004, 413, 241-248
6. P. Agamuthu, O.P. Abioye and A. Abdul Aziz, Phytoremediation of soil contaminated with used lubricating oil using jatropha curcas, Journal of Hazarous Materials, 2010, 179, 891-894
7. Korea Lubricating Oil Industries Association (http://www.kloia.or.kr/)
8. Manual for regular inspection in Hyundai motor company (http://www.hyundai.com/kr)
9. Korea Consumer Agency (http://www.kca.go.kr/)
10. Y. K. Lim, S. Y. Ham, J. M. Lee, and C. S. Jeong, A study on the change of physical properties of engine oil after vehicle driving, Journal of the KSTLE, 2012, 28, 93-98
11. R. K. Winge, V. A. Fassel, V. J. Peterson and M. A. Floyd, Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry, 1985, 262-286