

DOI <https://doi.org/10.9725/kstle.2017.33.2.45>

## 경유 혼입에 의한 엔진오일 물성 변화

임영관<sup>†</sup> · 이종은 · 나용규 · 김종렬 · 하종한

한국석유관리원 석유기술연구소

### Change in Physical Properties of Engine oil Contaminated with Diesel

Young-Kwan Lim<sup>†</sup>, Jong-Eun Lee, Yong-Gyu Na, Jong-Ryeol Kim and Jong-Han Ha

Research Institute of Petroleum Technology, Korea Petroleum Quality & Distribution Authority  
(Received January 22, 2017; Revised March 5, 2017; Accepted March 6, 2017)

**Abstract** – Engine oil is a substance used for the lubrication of internal combustion systems. However, in some case, defects in engine systems may contaminate engine oil with fuel. Contaminated engine oil can cause problems in the normal functioning of a vehicle. In this study, we investigate the functional properties of engine oil contaminated with diesel fuel. The test results indicate that the engine oil contaminated with diesel fuel has low flash point, pour point, density, kinematic viscosity and cold cranking simulator value. The contaminated engine oil which has low flash point can cause fire and explosion accident. Furthermore, a four ball test indicates that the contaminated engine oil increases wear scar to poor lubricity. Moreover, we investigate the GC pattern using SIMDIST (simulated distillation) for determination of diesel in engine oil. The SIMDIST analytic result, diesel was detected at earlier retention time than engine oil in chromatogram. Thus the SIMDIST method can define whether engine oil is contaminated by diesel fuel or not. We can use the SIMDIST method for the diagnosis of oil condition instead of analyzing other physical properties that require many analytic instruments, large volume of oil sample and long analysis time.

**Keywords** – engine oil(엔진오일), fuel mixing(연료 혼입), vehicle defect(차량 결함), physical property(물성), lubricity(윤활성), SIMDIST(고온시플레이션 증류시험)

#### 1. 서 론

1950년대 중반부터 국내 자동차산업이 시작된 이래, 급속도로 자동차 산업이 발전되어 현재(2017년도 기준) 2190만대 이상의 자동차 보급률을 보이고 있다[1].

자동차의 생산기술이 발전되면서, 안전성, 승차감, 연비, 출력, 그리고 배출가스 저감 등과 같은 다양한 관점에서 기술개발이 이루어지고 있다[2, 3]. 특히 경유자동차의 경우 압축착화엔진이기에 때문에 휘발유자동차에 비해 소음과 진동이 많이 발생되고, PM(particulate matter)이나 NOx와 같은 유해배기가스를 많이 배출되는 단점이

있어, 이를 해결하기 위한 노력들이 이루어지고 있다[4].

경유자동차의 연비향상 및 유해 배기가스 규제를 해결하기 위한 노력으로 디젤 엔진의 압축비는 더욱 더 높아지고 있으며, 연료의 미립자화를 실현하기 위해 고압펌프를 사용한 초고압 분사가 실시되고 있다.

또한 연비향상을 위한 방법 중 엔진의 출력이나 마찰손실 저감 등은 엔진오일과 밀접한 관련이 있다. 즉, 동력을 생산하는 엔진은 피스톤-실린더, 밸브 트레인, 베어링 등의 마찰 운동부에 대한 엔진오일의 윤활작용을 통해 동력손실을 저하시킴으로써 연비를 증가시키기 위한 노력을 하고 있다[5]. 따라서 엔진의 출력을 향상시키기 위한 과정에서 연료와 엔진오일은 피스톤-실린더와 같은 왕복운동을 하는 부품을 중심으로 미끄럼 마찰 운동부에서 불가피하게 경유와 엔진오일이 혼합되는

<sup>†</sup>Corresponding author : yklim92001@yahoo.co.kr  
Tel: +82-10-7534-0607, Fax: +82-43-240-7997

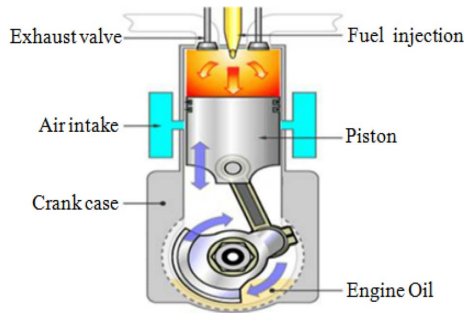


Fig. 1. Diesel engine structure.

현상이 발생된다[6].

특히 후분사에 사용하는 CDPF(catalyzed diesel particulate filter) 장착 디젤엔진의 경우, 후분사가 진행되는 과정에서 오일팬(oil pan)에 저장된 엔진오일은 펌프에 의해 윤활유를 필요로 하는 피스톤-실린더의 간극에 지속적으로 공급되면서 피스톤의 왕복동 운동에 의해 실린더 벽면을 따라서 형성된 유막에 연료입자가 흡착되는 현상이 발생되고, 연료가 혼입된 엔진오일은 다시 회수되어 오일팬으로 되돌아 간다. 또한 블로바이 가스(blow-by gas)가 피스톤의 링팩(ring pack)을 통해 오일팬으로 되돌아가는 과정에서 경유 입자가 엔진오일에 혼입되는 현상이 발생된다[7].

또한 최근 차량결합의 이유로 고압펌프의 플렌지볼트가 풀림으로 인해 경유의 누유가 발생되고, 누유된 경유가 오일팬으로 들어가 실제적으로 엔진오일과 섞이는 것에 대해 보고된 바가 있다[8].

연소실에서 연료의 연소가 일어나며, 이때 발생하는 배출가스 및 그을음 등이 엔진오일을 오염시키지 않기 위해 압축링이 필요하며, 엔진오일이 연소실로 올라가지 않도록 하기 위해 오일링이 피스톤에 장착되어 있지만, 앞서 언급한 다양한 원인으로 비정상적인 엔진작동과 타지 않은 연료가 실린더에 고여있다가 압축링과 오일링의 틈새를 파고 들어 크랭크 케이스에 모이게 되면 엔진오일의 점도를 감소시키며, 유막강도를 약하게 하고, 엔진오일 소모를 증가시킬 수 있다.

이런 경우, 엔진오일 점도가 낮아져서 엔진오일이 연소실로 올라가 많은 양의 연료와 엔진오일이 연소되어 RPM이 올라가고, 불완전연소에 의한 배출가스 증가, 소음, 진동 증가, 엔진고장과 같이 차량의 증대한 문제 발생뿐만 아니라 화재발생이나 치명적인 차량사고로까지 이어질 수 있다[8].

앞서 언급했듯이 엔진오일은 원동기의 엔진을 원활

Table 1. Specification of vehicle engine (5W30) oil in Korea[10]

	SAE 5W	SAE 30
Flash point (°C)	Over 170	Over 190
Cold Cranking Simulator (Pa·s)	Below 6.60	-
Kinematic viscosity (100 °C, mm <sup>2</sup> /s)	Over 3.8	5.6~9.3
Viscosity Index	Over 75	Over 85
Pour point (°C)	Below -30	Below -9
Oxidation stability (165 °C, 24h)	Ratio of viscosity Increase	Below 1.5
	of TAN	Below 1.6
	Lacquer	Light
	Light	Light

하게 회전시키는 윤활제로서 윤활작용뿐만 아니라, 세정, 냉각, 밀폐 및 부식방지의 기능을 지니고 있어 항상 적정량을 유지하여야 한다[9]. 이들 엔진오일은 차량의 종류(연료 및 출력 등)에 적합한 점도제품을 사용하여야 하며, 최근에는 다급점도제품이 생산, 판매되어지고 있다. 이들 제품은 적정 품질을 유지하여야 하며, 대표적 품질로는 인화점, 저온겔보기점도, 동점도, 점도지수, 유동점 및 산화안정도가 있으며, 이들 품질기준은 각 제품의 점도마다 다르게 규정하고 있다. Table 1은 SAE 5W와 SAE 30에 대한 품질기준을 보여주고 있으며, 다급점도인 5W30제품은 SAE 5W의 품질규격과 SAE 30 품질규격을 동시에 만족하여야 한다[10].

본 연구에서는 엔진오일에 연료가 혼입됨으로써 발생하는 문제점을 확인하기 위해, 엔진오일에 경유를 일정비율로 혼합한 뒤, 엔진오일의 물성변화를 분석하였다. 또한 연료 혼입여부를 엔진오일의 물성분석을 통해 간접적으로 확인이 가능하나, 이를 위해서는 물성분석을 위한 다양한 분석장비(인화점, 증류성상, 밀도, 동점도, 저온겔보기점도, 유동점, 내마모성능시험기 등), 긴 분석시간 및 최소한 0.5 리터 이상의 많은 시료량이 필요하기 때문에 이를 대체할 수 있는 분석법으로 SIMDIST(simulated distillation, 고온시뮬레이션 증류시험)를 활용하여 연료혼입 여부를 판단할 수 있는 분석방법에 대한 접근을 시도하였다.

## 2. 연구방법 및 내용

### 2.1. 사용 엔진오일 및 경유 시료

본 연구에서 사용한 엔진오일은 현대 모비스 사의

Premium DPF 경유디젤엔진오일(5W30)을 사용하였다. 경유는 한국도로공사 제천지사(고속도로 휴게소 내 주유소 시료)로부터 공급받은 자동차용 경유를 이용하였다. 엔진오일에 경유혼입을 모사하기 위해 엔진오일에 경유를 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% 부피비율로 혼합하여, 연구를 진행하였다.

## 2-2. 시료 물성 분석 및 유행성 분석

### 2-2-1. 동점도 및 저온걸보기 점도 분석[11,12]

동점도(kinematic viscosity)는 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 벌브(bulb)가 있으며, 벌브사이에 온도센서가 있어 시료 약 15 mL를 흡입 상승시킨 뒤, 시료가 중력에 의해 하강하는 시간을 온도센서로 감지함으로써 동점도가 측정된다. 점도지수(kinematic viscosity index, KI)는 40 °C, 100 °C 측정 후, 동점도 측정장비의 프로그램을 이용해 자동적으로 계산된 값을 얻었다. 일반적으로 점도지수는 다음과 같은 식에 의해 산출된다.

$$VI = [(L-U)/(L-H)] \times 100$$

여기서,

L : 100 °C에서 분석시료와 동일한 점도를 갖는 나프텐(naphthene)계 표준유의 40 °C에서 측정된 동점도(mm<sup>2</sup>/s)

U : 40 °C에서 측정된 분석시료의 동점도(mm<sup>2</sup>/s)

H : 100 °C에서 분석시료와 동일한 점도를 갖는 파라핀(paraffin)계 표준유의 40 °C에서 측정된 동점도(mm<sup>2</sup>/s)

저온걸보기점도(cold cranking simulator, CCS)는 Cannon Instrument Company 사의 CCS-2000 series를 이용하여 50 mL의 시료를 취해 -30 °C에서 회전자의 속도와 점도와의 함수관계를 이용하여 걸보기점도를 측정하였다.

### 2-2-2. 밀도, 인화점 및 유동점 분석[13~15]

연료의 일반적 특성을 분석하기 위해 밀도(density)는 ASTM D 4052 방법에 의한 Anton Parr사의 DMA 5000M을 이용하였다. 측정방식은 시료를 15 °C에서 진동식 U자관법을 이용하여 시료에 일정한 주파수 조건에서 진동주기의 변화를 측정함으로써 밀도로 환산 처리되는 방식을 통해 시료의 밀도를 측정하였다.

인화점(flash point)은 용기에 시료 70 mL를 채운 뒤, TANAKA사의 ACO-T602장비를 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 2500 방법에 의해 TANAKA사의 MPC-602를 이용하여 측정하였다. 4 mL의 시료를 용기에 채운 뒤, 45 °C로 가온한 후, 분당 1 °C의 속도로 냉각하면서 시료가 고체상으로 전환되어 유동되지 않는 온도를 유동점으로 측정(3 °C 단위로 측정)하였다.

### 2-2-3. 산화안정도 분석[16]

산화안정도(oxidation stability)는 Yoshida사의 ISOT-D8을 이용하였으며, KS M 2021방법에 의해 시험하였다.

시료컵에 일정 크기의 강판과 구리판 촉매를 넣고, 250 mL의 시료를 넣은 뒤, 165.5±0.8 °C로 승온하여 회전막대를 1300±15 rpm으로 회전시켜 24시간 동안 시료를 산화시킨 후, 40 °C에서 동점도를 측정하여 산화 전·후에 대한 동점도 변화도와 함께 전산가를 측정해 산화 전·후에 대한 전산가 증가 정도를 측정하였다.

### 2-2-4. 내마모성능(Four ball tester) 분석[17]

내마모성능은 Falex사의 Friction & wear test machine을 이용하여 ASTM D 4172방법에 준해 시험하였다. 4개의 금속구를 40 kg 하중, 75 °C에서 1200 rpm으로 회전시킨 뒤, 하부에 위치한 3개의 금속구에 형성된 마모흔의 크기를 현미경으로 측정하였다.

## 2-3. SIMDIST 분석

일반적으로 유행유제품은 고비점물질로 이루어져있

**Table 2. SIMDIST analytic instrument and test conditions**

Manufacture	Thermo
Model	Trace GC Ultra
Test Method	ASTM D 2887
Column	10 m × 0.53 mm ID × 0.88 μm
Oven Temp.	Initial; 40 °C, 1 min hold Increase; 15 °C/min to 360 °C, 10 min hold
Detector	FID (370 °C)

기 때문에 일반 가스크로마토그래피(gas chromatography)나 증류성상시험기를 이용하여 분석이 어렵기 때문에 고비점 물질에 대한 끓는점 분포를 분석할 수 있는 고온시물레이션 증류시험(SIMDIST)를 활용하여 윤활유, 경유가 포함된 윤활유 및 경유제품에 대한 증류시험 분석을 하였으며, 분석장비 및 시험방법은 Table 2와 같다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3-1. 경유혼입 엔진오일의 물성 분석

경유혼입 엔진오일의 물성을 분석하기 위해 먼저 순수한 엔진오일, 경유 및 일정 비율의 경유를 혼합한 엔진오일에 대한 물성분석을 진행하였다.

Table 3은 순수한 자동차용 경유에 대한 물성을 분석한 결과이다. 인화점을 분석하는 방법에는 시료컵의 형식에 따라 open cup 방식과 closed cup 방식으로 구분되며, 일반적으로 저비점 석유제품(가솔린, 등유, 경유 등)의 경우는 closed cup 방식으로 분석을 하며, 고비점 석유제품(윤활유 등)은 open cup 방식으로 분석을 하도록 규정하고 있다.

Table 4는 엔진오일에 경유를 일정비율로 혼합한 뒤, 인화점과 동점도를 측정된 결과를 보여주고 있으며, 순수한 엔진오일의 경우, 인화점이 226 °C인 반면, 낮은 인화점을 지니는 경유의 특성에 따라 경유비율이 높아질수록 인화점이 낮아지는 경향을 보였다. 순수한 경유의 인화점은 밀폐된 조건인 PM(pensky martens)법을 이용해 측정하였을 경우 48 °C를 보였으며, 시료컵이

**Table 4. Test result of physical properties of engine oil and mixing engine oil by diesel fuel**

	F.P(°C)	KV(40 °C) (mm <sup>2</sup> /s)	KV(100 °C) (mm <sup>2</sup> /s)	VI
E	226	69.83	11.79	165.3
E:D=95:5	212	57.22	10.35	171.8
E:D=90:10	176	46.13	8.981	179.6
E:D=85:15	148	38.7	7.956	185.2
E:D=80:20	137	31.12	6.898	191.6
E:D=75:25	124	26.8	6.233	195.1
E:D=70:30	116	20.91	5.256	201.4
D	68	2.245	1.039	10404.9

E; engine oil, D; diesel

FP; flash point, KV; kinematic viscosity, VI; viscosity index

오픈된 COC(cleveland open cup)법을 이용해 분석하였을 경우 68 °C로 측정되어, 동일 시료에 대한 인화점 측정방법에 따라 유증기의 농축정도가 달라져서 인화점이 20 °C 차이를 보이는 것을 알 수 있었다. 엔진오일의 인화점이 낮아질 경우, 화재 및 폭발위험성이 증가할 수 있다. 또한 경유의 점도가 낮기 때문에 엔진오일 내 경유비율이 높아질수록 동점도가 낮아지며, 점도지수가 높아지는 것을 볼 수 있다. 동점도가 낮아지면, 엔진오일이 묽어져서 쉽게 엔진룸의 엔진오일이 연소실로 들어갈 수 있는 단점과 함께, 윤활성에 영향을 미칠 수 있다. 점도지수의 경우, 엔진오일은 점도지수 향상제(VI improver)를 이용하여 온도변화에 따른 동점도 변화가 적은 반면, 경유에는 점도지수 향

**Table 3. The analytic result of diesel fuel characteristic**

	Unit	Test result	Test method
Sulfur	mg/kg	4	KS M 2027
Residue carbon content in 10% distillate	(m/m)%	0.01	KS M ISO 10370
Water and sediment	(v/v)%	Below 0.005	KS M 2115
Flash point (PM)	°C	48.0	KS M ISO 2719
Ash content	(m/m)%	0.001	KS M ISO 6245
Density (15 °C)	kg/m <sup>3</sup>	826.9	KS M ISO 12185
Kinematic viscosity (40 °C)	mm <sup>2</sup> /s	2.365	KS M ISO 3104
Distillation (90%)	°C	333.6	ASTM D86
Pour point (Air/P)	°C	-51	ASTM D6749
Copper corruption (100 °C, 3hr)	-	1	KS M ISO 2160
Cetane index	-	55.8	KS M ISO 4264

**Table 5. Test result of physical properties of engine oil and mixing engine oil by diesel fuel**

	Density (mg/mL)	PP (°C)	CCS (mPa·s)	WS (mm)
E	0.85024	-42	6197	0.494
E:D= 95:5	0.85084	-45	4466	0.500
E:D=90:10	0.84957	-45	3011	0.502
E:D=85:15	0.84845	-48	2134	0.502
E:D=80:20	0.84700	-48	1512	0.507
E:D=75:25	0.84596	-48	1237	0.508
E:D=70:30	0.84420	-51	821	0.511
D	0.82690	-51	93	0.674

PP; pour point, CCS; cold cranking simulator, WS; wear scar

상제가 없어 온도변화에 따른 동점도 변화가 클 것으로 예상되었지만, 실제 분석결과 경유비율이 높아질수록 점도지수가 향상되었다. 이는 경유비율 혼합농도가 높아질수록, 40 °C에서 측정된 동점도가 급격히 낮아져서 100 °C에서 측정된 동점도와 차이가 작아져서 오히려 점도지수가 높게 측정된 것으로 판단된다.

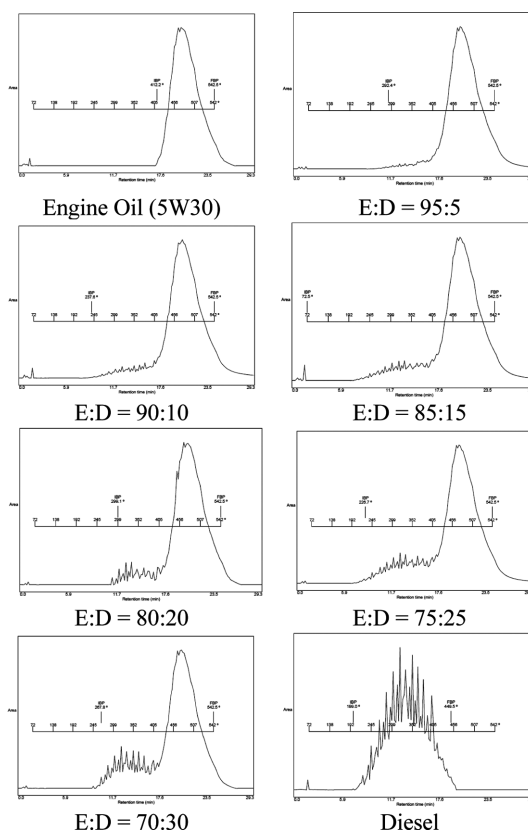
Table 5에서는 밀도, 유동점, 저온걸보기점도 및 사구식 내마모 성능시험을 통한 윤활성을 측정하였다. 밀도와 유동점은 경유혼합비율이 높아질수록 낮아지는 것을 확인하였다. 또한 저온걸보기점도 역시 경유비율이 높아질수록 낮아지는 것을 확인하였다. 엔진오일에 비해 경유가 윤활성이 낮기 때문에 경유성분의 비율이 높아질수록 사구식 내마모시험을 통한 마모흔 크기가 커지는 것을 확인하였다. 이는 엔진오일의 윤활성이 낮아지는 것을 의미하기 때문에 피스톤의 왕복운동 과정에서 실린더 내벽을 마모시킴으로써 실린더와 실린더링을 파손시킬 수 있다.

Table 6은 내연유 산화안정도 시험결과를 보여주고 있다. 엔진오일의 경우, 고온에서 오랫동안 사용되어져야 하기 때문에 산화방지제 등 첨가제가 함유되어 있어 산화에 안정하다. 하지만 경유의 경우 산화안정제를 넣지 않으며, 엔진오일에 비해 산화에 취약하다. 실제적으로 강판과 구리판 촉매조건하에서 강제 산화를 시킨 결과, 경유비율이 높은 엔진오일일수록 산화에 열악해서 산화 전 시료에 비해 점도비 및 전산가 변화가 큰 것을 볼 수 있다. 특히 순수한 자동차용 경유의 경우, 열화생성물인 락커(lacquer)가 형성되는 것을 확인할 수 있었다.

**Table 6. Test result of oxidation stability of mixing engine oil by diesel fuel**

	Oxidation Stability (165 °C, 24h)		
	Ratio of viscosity	Increase of TAN	Lacquer
E	0.94	0.28	NA
E:D=95:5	1.10	-0.26	NA
E:D=90:10	1.21	0.45	NA
E:D=85:15	1.23	-0.54	NA
E:D=80:20	1.32	0.36	NA
E:D=75:25	1.56	0.11	NA
E:D=70:30	1.64	0.64	NA
D	1.84	0.81	Attachment

TAN; total acid number, NA; no attachment



**Fig. 2. Test result of SIMDIST of mixing engine oil by diesel fuel.**

### 3-2. 경유혼입 엔진오일의 SIMDIST 분석

경유혼입 엔진오일의 증류성상 변화 및 GC패턴을

**Table 7. The test result of distillation pattern using SIMDIST**

	IBP (°C)	10% (°C)	50% (°C)	90% (°C)	FBP (°C)
E	412.2	446.1	481.0	524.0	542.5
E:D=95:5	292.4	431.6	478.6	524.2	542.5
E:D=90:10	254.0	412.0	477.2	524.0	542.5
E:D=85:15	241.5	365.1	472.1	521.2	542.5
E:D=80:20	237.6	333.7	469.7	520.0	542.5
E:D=75:25	237.6	339.1	467.6	519.2	542.5
E:D=70:30	226.7	323.0	464.6	517.9	542.5
D	121.5	265.9	340.2	420.4	529.9

IBP; initial boiling point 10%; 10%(Vol.) distilled boiling point

FBP; final boiling point

알기 위해 SIMDIST를 이용하여 분석하였다. Fig. 2에서 보는 바와 같이 엔진오일의 경우 SIMDIST 상에서 머무름 시간이 17~25분에서 검출된 반면, 낮은 끓는점 분포를 지니는 경유가 혼합될 경우, 6~19분에서 경유가 검출되는 것을 볼 수 있다.

SIMDIST를 이용해 GC패턴을 분석한 뒤, 끓는점 분포를 분석하였다. 엔진오일의 경우, 비점범위가 412.2~542.5 °C로 분석된 반면, 경유의 혼합비율이 높아질수록 SIMDIST에서 머무름시간이 앞당겨져서, 경유 30%가 혼합된 엔진오일의 경우, 비점범위가 226.7~542.5 °C로 변화됨을 볼 수 있다. 경유는 엔진오일에 비해 저비점물질이기 때문에 초류점(IBP)에 영향을 주지만, 종말점의 경우는 고비점물질인 엔진오일의 종말점에만 영향을 미치는 것을 볼 수 있다(Table 7). 따라서 엔진오일에 연료의 혼합여부를 판단하는데 있어 초류점과 10%(Vol.) 증류온도를 분석함으로써 연료혼입여부를 판단할 수 있다.

엔진오일에 연료가 혼합될 경우, 앞서 언급한 바와 같이 다양한 차량문제로 발전될 수 있다. 엔진오일에 연료가 혼합되었는지 여부를 엔진오일의 물성(동점도, 인화점, 밀도 등) 분석뿐만 아니라 본 연구에서 제시한 SIMDIST를 이용해 쉽게 오염여부 확인에 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

#### 4. 결 론

엔진오일은 엔진을 원활하게 회전시키기 위한 윤활

제로써 적정 성능을 유지시켜야 한다. 하지만 차량부품의 문제 또는 구조적 영향으로 연료가 엔진오일과 섞이는 경우가 발생할 수 있다. 엔진오일에 과도한 연료가 혼합될 경우, 엔진오일의 물성이 변하여, 차량의 문제 및 사고로까지 이어질 수 있다.

본 연구에서는 엔진오일에 경유를 일정비율로 혼합하여, 엔진오일의 물성을 분석하였다. 분석결과, 경유 혼합비율이 높아질수록 밀도, 유동점, 저온겔보기점도, 인화점, 동점도가 낮아졌으며, 윤활성 부족으로 인해 마모흔 증가가 발견되었다. 또한 산화안정도를 분석한 결과, 경유혼합비율이 높아질수록 산화안정성이 열악해 지는 것을 확인할 수 있었다. 인화점의 저하는 화재 및 폭발의 위험성과 연관이 있으며, 동점도 저하는 엔진오일이 묽어져, 피스톤운동으로 엔진오일이 연소실로 들어가서 과도한 연소, RPM증가에 따른 급발진, 화재위험 및 불완전 연소를 일으킬 수 있으며, 특히 윤활성 저하를 일으켜, 엔진시스템의 마모로 인한 문제를 발전시킬 수 있다.

또한 SIMDIST를 이용해 엔진오일을 분석한 결과, 경유혼입 시료의 경우, 저비점 경유가 SIMDIST 상에서 분석되고, 이로 인해, 초류점, 10% 증류온도 등이 변하는 것을 알 수 있었다. 엔진오일에 연료의 혼합여부는 엔진오일의 물성분석을 통해 추정할 수 있지만, 본 연구에서 제시한 SIMDIST 분석은 보다 효과적인 연료 혼합여부를 판단할 수 있는 기준으로 활용될 수 있을 것이라 판단된다.

#### References

- [1] Korea Automobile Manufacture Association (<http://www.kama.or.kr/>)
- [2] Matsuo, S., Takami, K., Yamamoto, H., "Influence of properties of diesel fuel on diesel engine performance", *JSAE*, Vol. 58, No. 11, 2004.
- [3] Bae, C. S., Jung, Y. J., "Fuel economy improvement of automotive engine", *Auto Journal*, Vol. 34, No. 1, pp. 389-45, 2012.
- [4] Kim, H. G., Kim, C. K., "Experimental study on the tribological characteristics of diluted engine oil by diesel fuel", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 21, No. 4, pp. 156-164, 2005.
- [5] Kim, C. K., Kim, H. G., "Experimental study on the viscosity characteristics of diluted engine oils with diesel fuel", *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 24, No. 1, pp. 1-6, 2008.
- [6] Sagawa, T., Fugimoto, H., Nakamura, K., "Study of fuel

- dilution in direct-injection and multipoint injection gasoline engines”, SAE2002-01-1647, 2002.
- [7] Kim, C. K., Kim, H. G., “Experimental study on the viscosity characteristics of diluted engine oils with diesel fuel”, *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 24, No. 1, pp. 1-6, 2008.
- [8] <http://newstapa.org/37792>.
- [9] Lim, Y. K., Ham, S. Y., Lee, J. M., Jeong, C. S., “A study on the change of physical properties of engine oil after vehicle driving”, *J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng.*, Vol. 28, No. 2, pp. 93-98, 2012.
- [10] Business act for quality standard, inspection method and inspection fee of petroleum product, Ministry of Commerce, Industry and Energy, 2011-203.
- [11] ASTM D445, “Standard test method for kinematic viscosity of transparent and opaque liquids and calculation of dynamic viscosity”.
- [12] ASTM D 5293, “Standard test method for apparent viscosity of engine oils between -5 and -35 °C using the cold-cranking simulator”.
- [13] ASTM D1298, “Standard test method for density, relative density (specific gravity) or API gravity of crude petroleum and liquid petroleum products by hydrometer method”.
- [14] KS M ISO 2592, “Determination of flash and fire points-Cleveland open cup method”.
- [15] ASTM D2500, “Standard test method for cloud point of petroleum products”.
- [16] KS M 2021, “Testing methods for oxidation stability of internal combustion engine oil”.
- [17] ISO 20623, “Petroleum and related products-Determination of the extreme-pressure and anti-wear properties of fluids-Four ball method”.