

자동차용 경유로서 GTL의 연료특성분석

임영관[†] · 신성철 · 김종렬 · 임의순 · 송홍옥 · 김동길

한국석유품질관리원 연구센터
(2008년 7월 24일 접수, 2008년 10월 17일 채택)

Characteristic Analysis of GTL Fuel as an Automobile Diesel

Young-Kwan Lim[†], Seong-Cheol Shin, Jong-Ryeol Kim, Eui Soon Yim, Hung-Og Song, and Dongkil Kim

Research Center, Korea Institute of Petroleum Quality, Chung-buk 363-883, Korea
(Received July 24, 2008; accepted October 17, 2008)

일산화탄소(CO)와 수소(H₂)로부터 Fischer-Tropsch반응을 통해 합성된 GTL (gas-to-liquid)연료는 친환경적인 연료로 기존의 석유디젤을 대체, 또는 혼합하여 사용될 수 있는 연료로 크게 관심을 받고 있다. 본 논문에서는 Shell사에서 생산된 GTL연료와 국내유통중인 석유디젤을 일정 비율로 혼합하여 농도 별 연료특성을 분석하였다. 가스크로마토그래피를 이용해 GTL이 일반디젤보다 긴 파라핀계 화합물로 구성되어져 있음을 확인하였으며, 높은 인화점, 증류성상, 동점도, 유도세탄가와 함께, 낮은 황분으로 인한 윤활성감소를 보여주었다.

GTL (gas-to-liquid) fuel produced by the Fischer-Tropsch reaction of carbon monoxide (CO) and hydrogen (H₂) is expected to be one of the environmental friendly biomass based alternatives and blended to petrodiesel. In this study, the characteristic of the fuel was analyzed by its concentration differences after blending petrodiesel in domestic market with different amounts of GTL fuel which produced from Shell. Gas chromatography shows that GTL fuel consists of longer paraffin chain than common diesel. GTL fuel showed a high flash point, distillation, kinematic viscosity, and derived cetane number. In addition, GTL fuel showed lower lubricity due to low sulfur content.

Keywords: GTL (gas to liquid), diesel, cetane number, fuel characters

1. 서 론

20세기 이후, 인류는 무분별한 화석연료의 사용으로 인한 자원 고갈, 환경오염, 지구온난화 등과 같은 문제를 야기시켰다. 이에 선진국 중심으로 환경오염 및 온난화 문제를 해결하기 위해 화석연료 사용에 대한 규제를 강화하고 환경친화성이 높은 신재생에너지의 보급을 확산하려는 정책들이 발표되고 있다[1]. 이러한 대체에너지 중 다양한 바이오연료, 즉 바이오디젤[2-4], 바이오에탄올[5,6], 바이오부탄올[7] 등에 관해 많은 기관들이 연구 및 생산을 하였다. 하지만 이들 바이오연료의 개발은 곡물가 인상이란 부작용과 함께 식량부족문제를 가속화시켰다. 이런 단점을 보완하는 방법으로 풍부한 가스형태의 원료물질로부터 Fischer-Tropsch 공정을 통해 청정디젤형태의 합성연료인 GTL에 관한 연구가 진행중에 있다[8,9]. Fischer-Tropsch 공정은 일산화탄소와 수소의 혼합물을 촉매를 이용해 여러 형태의 액체탄화수소로 전환시키는 공정을 통틀어 말한다. 보통 촉매로서 철(Fe), 코발트(Co), 니켈(Ni), 루테튬(Ru) 등이 사용되며[10-13], 원료원은 천연가스(natural gas), 바이오매스(biomass), 또는 석탄(coal) 등이 이용될 수 있다[14]. 1920년대 독일의 과학자 Franz Fischer와 Hans Tropsch가 Kaiser Wilhelm 연구소에

서 처음으로 석탄에서부터 액체연료를 합성한 것을 시발점으로 1955년 Sasol (South Africa Coal, Oil and Gas Corp. Ltd)이 석탄가스화에 의하여 석유생산을 시작[15], Shell사의 쉘 중간 증류 합성(Shell Middle Distillate Synthesis)공정은 천연가스로부터 F-T공정을 통해 탄화수소형태의 디젤연료를 합성하는 대표적인 방법으로 GTL생산의 개발, 발전시키는데 있어 크게 기여하였다[16].

Figure 1은 현재 상용화되어 있는 GTL의 생산공정을 표현하였다[16].

산소를 이용해 천연가스(CH₄)를 높은 온도에서 부분산화(partial oxidation process)시키거나[17], 870 °C에서 스팀(H₂O)과 촉매를 가해(steam reforming process) 일산화탄소와 수소를 효과적으로 전환시킨다[18]. 이렇게 합성된 가스는 촉매하에서 Fischer-Tropsch 공정을 통해 파라핀계열의 액체연료로 전환되며, 생산된 GTL 연료는 높은 세탄가, 낮은 황분, 낮은 방향족화합물 등의 물리적 경향으로 인해 엔진연소로 인한 배출오염원을 저감시키는 장점이 있어, 엄격한 디젤연료규격에 부합하는 청정연료 제조목적으로 사용되고 있다[19].

Table 1은 현재 우리나라에서 상용화되고 있는 석유디젤연료의 품질기준과 함께 이를 측정하는 분석방법을 나타내었다[20].

현재 많은 석유대체연료에 대한 연구 및 생산이 되고 있으며, 이렇게 생산된 새로운 연료에 대한 물성연구는 중요하다. 하지만 현재 생산되고 있는 석유대체연료의 공급량은 소비량에 비해 충분하

[†] 교신저자 (e-mail: yklim92001@yahoo.co.kr)

Table 1. Standard for Diesel Fuel and Test Methods

Property	Limits	Test Method
Composition	C ₁₀ to C ₂₃	
Distillation (90 vol%, °C)	max. 360	ASTM D 86
Kin. Viscosity (mm ² /s) at 40°C	1.9 to 5.5	ASTM D 445
Specific gravity (g/mL)	0.815 to 0.845	ASTM D 4052
Flash point (°C)	min. 40	ASTM D 92
Pour point (°C)	max. 0 (-17.5 in winter)	ASTM D 97
CFPP ^a (°C)	max. -16	ASTM D 6371
Sulfur (mg/L)	max. 30	ASTM D 5453
Cetane number	min. 45	ASTM D 613
HFRR ^b (μm)	max. 460	ASTM D 6079

^a Cold flow plug point.

^b High frequency reciprocal test rig.

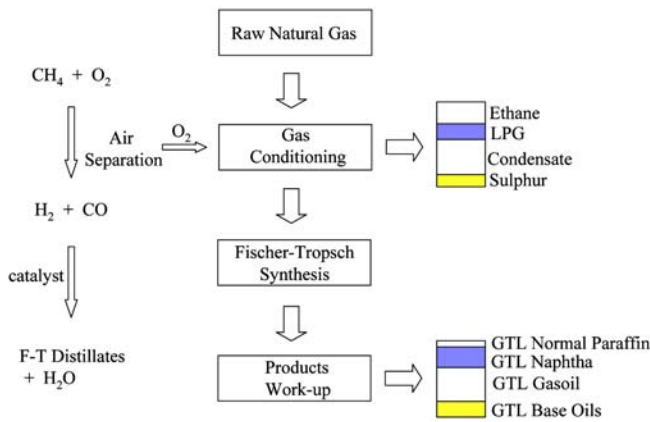


Figure 1. The process of GTL production from natural gas.

지 못하기 때문에 효율적 사용을 위해 기존에 사용되고 있는 석유 제품과 일정 비율로 혼합하여 사용하는 것이 바람직하다. Wu 그룹에서는 Shell사에서 판매하고 있는 디젤과 GTL연료를 일정비율로 혼합하여 물성과 배출가스에 대한 연구를 보고하였다[21]. 이 보고서에서는 GTL의 기본물성 분석 후 GTL의 혼합비율, 연료분사시기 (injection time, pump time), 부하율(load time), 엔진회전속도(revolution per minute)의 조건을 달리하면서 배출가스(CO, HC, soot, particle matter, NOx)에 초점을 맞추어서 연구를 하였다. 같은 목적의 자동차용 경유라 할지라도 사용 국가와 지역에 따라 법적인 연료의 요구 규격이 다르므로 이에 따른 연료의 특성분석이 필요하다. 본 논문은 국내 유통되고 있는 경유제품에 GTL 공정을 통해 생산된 경유를 일정비율로 혼합하여 대표적 연료특성(밀도, 동점도, 인화점, 증류성상, 유도세탄가, 황분)을 분석하였으며, 윤활성 및 가스크로마토그래피를 통해 연료특성에 관한 상호 연관성에 대해 확인하였다.

2. 실험

본 실험에 사용된 GTL은 Shell사에서 F-T방법으로 합성된 것을 사용하였다. 경유 연료로는 현대오일뱅크(주)에서 판매하고 있는 일반경유를 사용하였으며, 일반경유에 GTL을 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% 비율로 혼합시켜 각각의 연료특성을 분석하였다.

분석에 이용된 장비는 ASTM 방법을 적용할 수 있는 인증된 장비를 사용하였으며, 반복성과 재현성은 ASTM 방법에 명시된 범위 안에 들어오도록 실험하였다.

2.1. 밀도, 동점도, 인화점 측정

연료의 일반적 특성을 분석하기 위해 밀도는 ASTM D 4052방법에 의한 Kyoto Electronics사의 DA-300을 이용하였다. 시료 주입 전에 50 mL의 아세톤을 이용하여 샘플라인을 세척하여 공기의 밀도가 0.0013 g/mL 이하로 유지되었을 시, 시료 약 30 mL를 주입시켜 밀도를 측정하였다.

동점도는 ASTM D 445방법에 준하여 수행하였다. 동점도는 Cannon Instrument Company사의 CAV 2000 Series를 사용하였으며, Cannon 1257 유리제 모세관식 튜브를 이용하여 동점도를 측정하였다. 모세관식 튜브에는 3개의 밸브(bulb)가 있으며, 밸브사이에는 온도센서가 있어 시료 약 15 mL를 흡입 상승시킨 뒤, 시료가 하강하는 시간을 온도센서로 감지함으로써 동점도가 측정된다.

인화점은 저장과 이동에 있어 안정성을 좌우하는 인자이며, 연료의 착화와 밀접한 관계가 있다. 인화점은 TANAKA사의 APM-7 기기를 사용하였으며, ASTM D 92방법에 따라 분석하였다. 70 mL의 시료를 밀폐된 시료용기 속에서 교반하면서 분당 5~6 °C의 속도로 상온시켜, 2 °C 마다 시험불꽃에 시료의 증기를 노출시켜 인화되는 최저온도를 측정하였다.

2.2. 증류성상 시험

증류성상은 TANAKA사의 AD-6 Auto Distillation Tester를 이용하였으며, ASTM D 86방법에 준하여 측정하였다. 샘플을 100 mL 취한 뒤, 4.5 mL/min의 속도로 가온시켜, 초기증류온도(IBP)를 측정 한 뒤, 증류량이 10 vol% 단위로 받은 뒤 해당온도를 측정하였으며 97 vol%가 증류되었을 때 종말점 온도로 설정하였다. 기기 내에 기압계가 장착되어 측정값은 실제 측정값을 1기압에서 측정된 것으로 보정된 값을 보여준다.

2.3. 유도세탄가 측정

유도세탄가는 SETA사의 IQT-LM을 이용하였으며, ASTM D 6890에 준하여 유도세탄가(Derived Cetane Number; DCN)를 측정하였다. 580 °C로 유지된 챔버에 일정량(0.0985 g/inj)의 연료를 분사

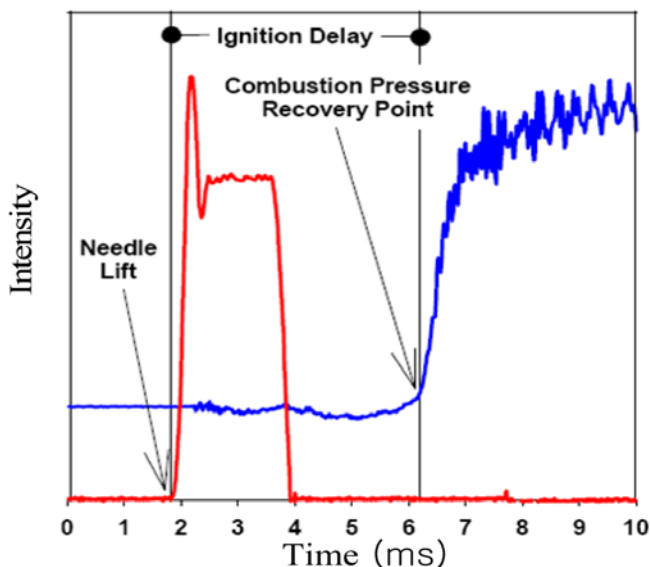


Figure 2. Analyzed of derived cetane number using Ignition Quality Tester.

한 뒤, 연료가 연소되는 시간을 측정함으로써 유도세탄을 유추해 내었다. 연료를 15번 분사, 연소시킴으로 연료라인과 챔버 내에 잔류하고 있는 불순물과 전시료를 제거시킴과 동시에 분석장비의 안정화를 시킨 뒤, 16번째부터 47번째(총 32번)까지 연료분사를 통해 측정된 유도세탄가의 평균을 구함으로써 재현성과 반복성을 높였다. Figure 2는 IQT (Ignition quality tester)를 이용해 연료의 유도세탄가를 측정하는 원리를 그래프를 통해 표현하였다. 연료의 분사가 일어나는 시점(needle lift)에 연소챔버의 압력변화가 일어나며, 연료의 연소로 인해 또다른 압력변화가 일어난다. 이 두 압력변화 시간, 즉 연소지연시간(Ignition delay time; ID)을 측정함으로써 식 (1)을 통해 유도세탄가가 계산된다. 본 식은 ASTM D 6890에 표현된 식으로, 세탄가가 다른 표준연료들을 실제 엔진과 IQT를 이용해 비교 실험함으로써 유도된 경험식이다.

$$DCN = 4.460 + 186.6/ID \tag{1}$$

2.4. 황분 및 윤활성 측정

황분은 Mitsubishi Chemical Corp.의 TS-100V Trace Sulfur Analyzer를 이용해 ASTM D 5453방법에 준하여 측정하였다. 시료를 1000 °C로 유지된 연소관 내로 주입시키면 시료중의 황화합물이 열분해가 일어나며, 공급된 산소에 의해 산화가 일어나 황산화물(SO₂)을 형성한다. 이렇게 형성된 황산화물은 자외선에 의해 여기시킨 뒤, 방출되는 형광자외선(fluorescent ultraviolet ray)을 광전자증배관(photo multiplier tube)를 통해 정량적으로 분석을 하였다.

윤활성은 PCS Instruments사의 HFRR (High frequency reciprocating rig)를 사용하였으며, ASTM D 6079 방법에 준하여 수행하였다. 시료 2 mL에 60 °C에서 75 min동안 50 Hz의 주파수와 200 g의 하중을 이용해 금속원판(PCS Instrument사의 지름 1 cm 원판)과 시험구(PCS Instrument사의 외경 6 mm 금속구)를 왕복마찰시킴으로써 시험구에 생성된 마모흔(MWSD, Mean Wear Scar Diameter)을 현미경(MEIJ TECHNO사의 Infinity 1)을 이용하여 측정하였다.

2.5. 가스크로마토그래피 분석

Gas Chromatography를 이용하여 GTL과 GTL혼합연료의 페턴을 분석하였다. 사용된 기기는 Agilent사의 6890N System과 Methyl siloxane으로 코팅된 Agilent 19091Z-141 (10 m × 0.1 mm × 0.1 μm film thickness) Capillary column을 사용하였다. 컬럼은 35.11 psi, 초기유속은 0.3 mL/min, 평균유속은 31 cm/sec로 적용하였다. 오븐온도는 초기 1 min간 80 °C, 최종 270 °C로 9 min 동안 분석하였으며, 검출기는 FID를 사용하였고 350 °C에서 분석을 수행하였다. 시료의 주입량은 1.0 μL로 하였고 운반기체는 헬륨(He)을 사용하였다. 수소의 유속은 35 mL/min, 공기의 유속은 350 mL/min, 헬륨의 유속은 45 mL/min로 설정하였다. 사용된 표준물질은 isooctane (2,2,4-trimethylpentane)에 dodecane (1 vol%), hexadecane (1 vol%), octadecane (1 vol%)를 용해시킨 뒤, 머무름 시간(retention time)을 측정하였으며, dodecane은 3.3 min, hexadecane은 4.8 min, octadecane은 5.5 min의 머무름 시간에 분석되었다. 표준물질의 확인 후, GTL과 GTL혼합연료를 주입하여, 각각의 성분 페턴을 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 밀도 인화점, 동점도 측정

연료의 기본물성을 측정하기 위해 Table 2와 같이 일반경유에 GTL을 0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100% 비율로 혼합한 뒤, 먼저 밀도를 측정하였다. 경유 인젝션은 용적 또는 솔레노이드 밸브에 의해 제어되며, 밀도변화는 엔진동력과 그로 인한 엔진배출 및 연료소비의 변화를 가져오기 때문에 연료의 밀도는 연료의 중요한 인자이다. 일반경유에는 방향족 화합물과 연료첨가제 등이 포함되어 있기 때문에 밀도가 높게 측정되었으며, 노말파라핀(normal paraffin)과 아이소파라핀(isoparaffin)의 혼합형태인 GTL은 상대적으로 낮은 밀도를 보였다. 따라서 Table 2에 나타난 것과 같이 GTL 혼합비율이 높아짐에 따라 밀도의 감소가 일어났다.

인화점은 증기가 불꽃에 노출되었을 때 인화되는 최저온도에 해당되며, 연료의 인화점은 인화점이 낮은 물질에 의해 좌우된다. 일반경유는 49.5 °C의 인화점을 보였으며, GTL의 혼합비율이 증가할수록 인화점도 증가되어 순수한 GTL의 인화점은 99 °C를 보였다.

동점도를 확인한 결과, 동점도 역시 GTL이 높게 측정되었다. 분자구조상 GTL 구성성분들의 길이가 일반경유보다 길기 때문에 분자간 상호작용(Van der Waals effect)에 의해 동점도가 높게 측정되었으리라 판단되며, 이는 연료의 분사 및 연료연소에 있어 중요한 영향을 미친다.

3.2. 증류성상 측정

연료는 단일성분이 아니기 때문에 단일 끓는점을 측정할 수 없으며, 증류성상을 측정함으로써 연료의 물성과 구성성분을 추측할 수 있다. Table 3는 GTL을 일반경유에 일정비율로 혼합한 뒤, 증류성상을 분석한 결과를 나타내었다. 초유점(Initial boiling point, IBP)은 일반경유가 GTL보다 낮게 측정되었는데, 이는 짧은 탄소 성분, 즉 끓는점이 낮은 성분이 포함되어 있기 때문이다. 하지만 증류량이 90 vol%부터는 일반경유가 높게 나와 일반경유의 종말점(End point, EP)은 371.5 °C, GTL은 356.5 °C로 측정되었다. 이는 일반경유 중에 GTL보다 긴 구조를 가진 탄화수소 화합물이 있다는 것을 의미한다. 따라서 증류성상 시험을 통해 일반경유는 넓은 탄소사슬의 영역을 지니고 있으며, GTL은 일반경유의 뒷부분에 해당되

Table 2. Physical Properties of GTL and Blended GTL Fuels

	0% GTL	20% GTL	40% GTL	60% GTL	80% GTL	100% GTL
Density (g/mL) ^a	0.8224	0.8140	0.8049	0.7981	0.7909	0.7841
Flash point (°C)	49.5	54.5	59.5	65.5	76.5	99
Kin. Viscosity (mm ² /s) ^b	2.345	2.528	2.718	2.951	3.175	3.455

^a Density was analyzed at 15 °C.

^b Kinematic Viscosity was checked at 40 °C.

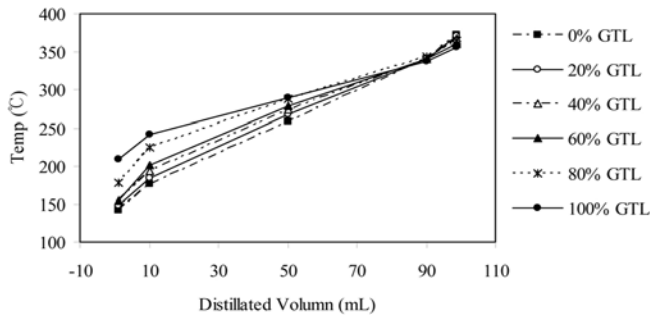
Table 3. Distillation of GTL and Blended GTL Fuels

	0% GTL	20% GTL	40% GTL	60% GTL	80% GTL	100% GTL
IBP (°C)	142.5	148.7	153.7	154.6	178.1	208.7
10 ^a (°C)	176.3	183.3	193.5	201.3	224.2	241.8
50 (°C)	258.8	267.8	273.6	278.2	287.4	289.8
90 (°C)	341.0	341.3	340.4	341.5	343.4	337.9
EP (°C)	371.5	370.2	366.6	361.6	363.6	356.5

^a Distillated volumn of fuels.

Table 4. Analyzed Sulfur Contents and Lubricity of GTL and Blended GTL Fuels

	0% GTL	20% GTL	40% GTL	60% GTL	80% GTL	100% GTL
Sulfur (ppm)	6.56	6.31	5.50	3.81	2.44	0.17
HFRR (μm)	293	306	357	416	550	607

**Figure 3. Distillation curves of blended GTL fuels.**

는 탄소사슬의 구조분포를 지니고 있다는 것을 알 수 있다.

Figure 3은 측정된 증류성상을 그림으로 표현한 것이다.

3.3. 황분 및 윤활성 측정

GTL연료를 일반경유에 일정비율로 혼합한 뒤, 연료 내에 함유된 황분을 분석하였다. Table 4에서 보는 것과 같이 순수한 GTL은 황분농도는 0.17 ppm으로 측정된 반면, 일반경유에는 6.56 ppm농도의 황분이 분석되었다. 이는 석유제품이 고대 동식물과 같은 유기체내에 포함되어 있는 황화합물(cystein, methionine, 등)이 오랜 기간 동안 변형과정을 거치는 과정에서 잔류된 것으로 볼 수 있다. 하지만 GTL은 일산화탄소와 수소를 이용해 만든 합성연료이므로 황분이 거의 발견되지 않은 것으로 판단된다.

윤활성시험은 경유연료의 특성에 있어 중요한 인자이다. 만약 연료의 윤활성이 떨어지면, 연료라인과 엔진부분에 심각한 마모현상을 초래하여 부품의 교체빈도를 높일 수 있으며, 안전에도 심각한 문제를 야기시킬 수 있다. 따라서 경유연료의 윤활성은 법적으로 규제하고 있다.

GTL을 일정비율로 희석시켜 HFRR을 이용해 마찰정도를 측정 한 결과 0% GTL (일반경유)의 마모흔은 293 μm인 반면, GTL의 혼합비율이 높아질수록 마찰정도가 증가하여, 순수한 GTL의 경우 607 μm을 보였다. 이는 Table 1에서 보여주는 현재 우리나라 경유 윤활성의 최대허용값 460 μm을 초과한다. 환경기준 강화 이전에는 연료 내 다량의 황분이 존재하여 윤활첨가제의 필요성이 낮았지만, 최근 황분기준 강화로 인해 보통 경유연료에 윤활성을 높이기 위해 윤활첨가제를 첨가시킨 후 판매된다. 연료 내에 함유된 황성분은 엔진기관을 통해 연소되면서 황산화물을 형성하여 대기오염을 야기시키는 경향이 있지만, 반면에 연료의 윤활성을 높이는 작용을 한다. GTL은 F-T방법에 의해 합성된 연료이며, 인위적으로 황성분을 첨가시키지 않기 때문에 GTL연료에서는 거의 황성분이 분석되어지지 않는다. 이러한 이유로 GTL의 윤활성이 일반경유에 비해 떨어졌으리라 판단된다. Figure 4는 HFRR을 이용해 GTL의 윤활성을 측정 한 결과를 보여주고 있으며, 순수한 경유와 순수한 GTL연료의 마모흔 직경이 2배 이상 차이가 나는 것을 볼 수 있다.

3.4. 유도세탄가 측정

세탄가는 경유연료의 연료특성을 나타내는 지수(가솔린의 옥탄가

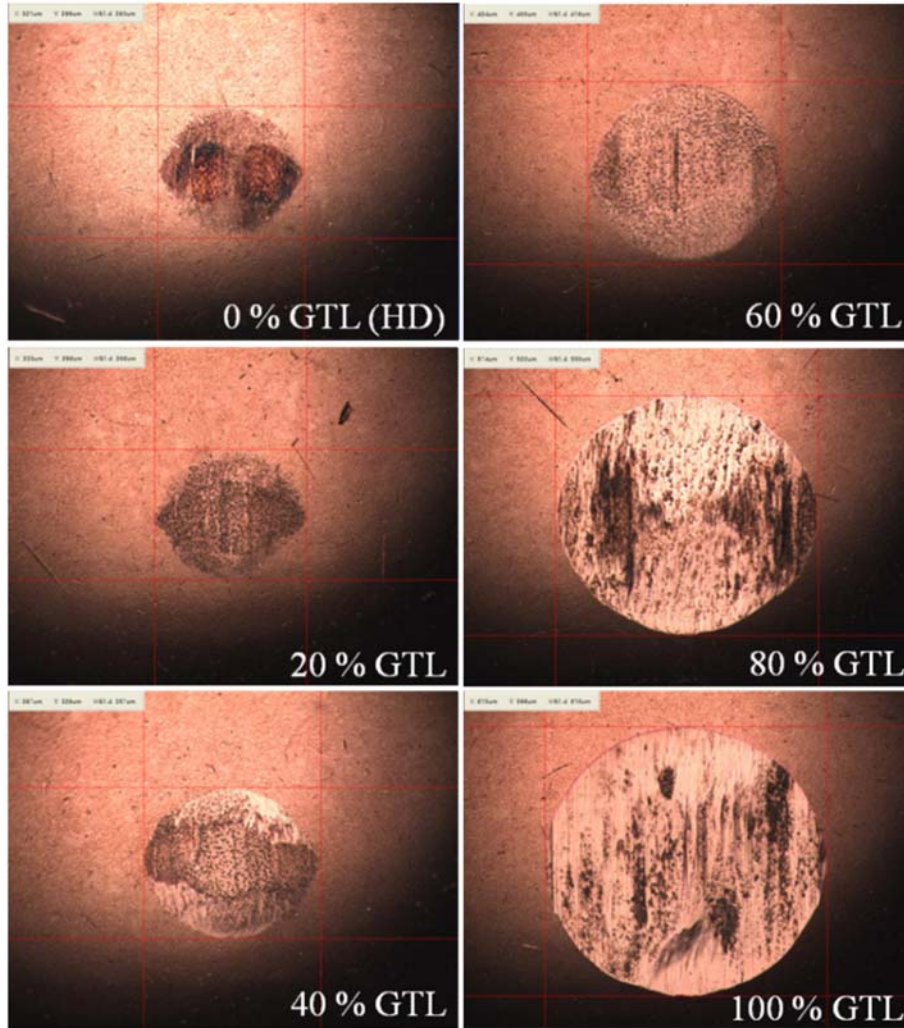


Figure 4. Lubricity of blended GTL fuels using HFRR.

개념)로 보통의 경유는 45~60의 세탄가를 나타내고 있다. 점화성은 성분적으로 보아 정파라핀계 탄화수소가 가장 양호하며 올레핀계(olefins), 나프텐계(naphthenes), 이소파라핀계, 방향족(aromatics) 순서로 약화된다. 세탄가가 너무 높으면 정파라핀계 함유량이 많아져 비중이 낮고 점도가 낮아지므로 연비가 높아지던가 분무의 효율성이 결핍되어 오히려 불완전 연소를 일으키는 등의 현상이 나타나기 때문에 적정 수준의 세탄가 유지가 필요하다.

일반경유는 CFR엔진(Cooperative fuel research engine)을 이용하여 세탄가를 측정하지만, 바이오디젤이나 GTL과 같이 세탄가가 높은 연료는 CFR엔진을 이용하여 세탄가를 측정하기 힘들며, 분석값의 신뢰도가 떨어진다. 따라서 이러한 연료는 IQT를 이용하여 유도세탄가(derived cetane number)를 측정한다. Figure 5는 IQT를 이용하여 GTL과 일반경유를 일정비율로 혼합한 뒤 유도세탄가를 측정한 결과이다. 일반경유는 48.91인 반면 GTL 비율이 증가할수록 유도세탄가가 증가하여, 순수한 GTL은 77.53의 높은 유도세탄가를 보였다.

3.5. 가스크로마토그래피 분석

현재까지 경유연료의 전성분을 가스크로마토그래피를 이용하여

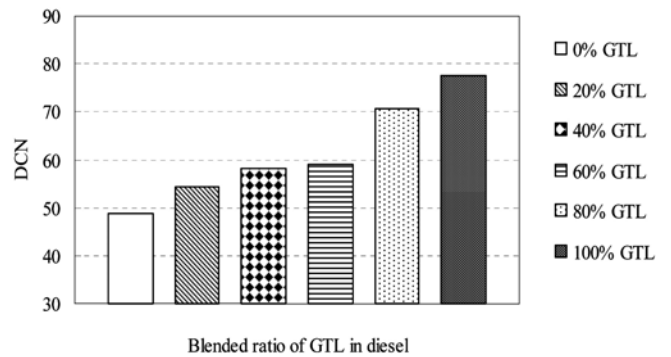


Figure 5. Analysis of derived cetane number using ignition quality tester for GTL fuels.

분석하는 방법은 개발되어지지 않고 있다. 그 이유는 경유성분은 C₁₀-C₂₃까지 이루어진 물질로 이들은 수많은 이성질체의 혼합물형태이므로 각 탄화수소 성분의 정성, 정량하는 데에는 한계가 있기 때문이다. 다만 경유성분에 함유되어 있는 방향족화합물이나 황분 등의 특정 물질에 대한 분석방법은 많이 알려져 있는 상태이다

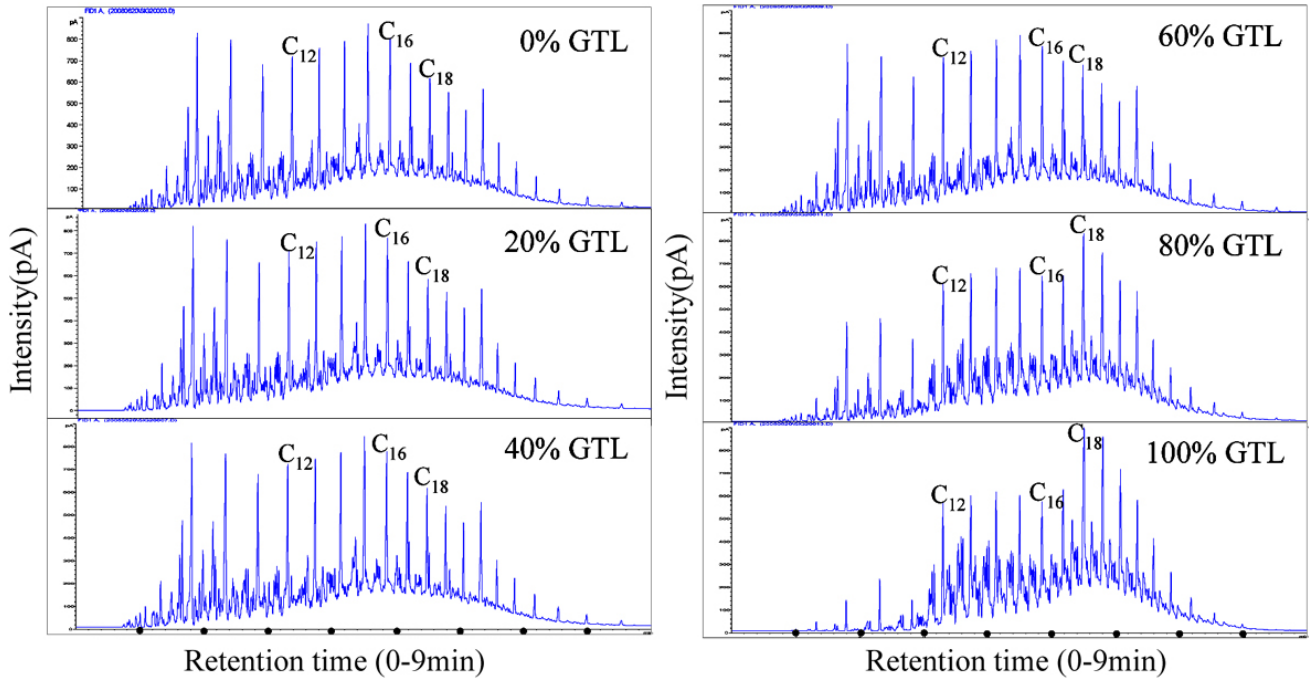


Figure 6. Gas Chromatograms of GTL and blended GTL fuels.

[13]. GTL은 F-T방법에 의해 합성된 연료이므로 방향족화합물이나 황성분이 거의 없으며, 가스크로마토그래피를 이용하여 탄화수소 분포도를 확인하였다. Figure 6는 GTL과 일반경유를 일정비율로 혼합시켜 가스크로마토그래피로 분석한 결과를 보여준다. 일반경유는 tetradecane ($C_{14}H_{30}$)에서 eicosane ($C_{20}H_{42}$) 영역에서 주성분으로 검출되었으며, GTL연료는 hexadecane ($C_{16}H_{34}$)과 heneicosane ($C_{21}H_{44}$) 영역에서 주성분으로 검출되었다. 이로서 GTL연료가 폭 넓은 탄화수소사슬의 구조를 갖는 경유성분에 비해 경유의 뒷부분에 해당되는 탄화수소 영역에 일반적으로 분포되어 있다는 것을 알 수 있다. 이는 앞서 분석된 증류성상의 결과와 상호 연관성이 있음을 알 수 있다.

4. 결 론

원유매장량의 한계로 인한 유가상승의 대비와 환경오염 문제점을 해결하기 위해 석유연료 사용을 줄이고 이를 대체할만한 석유대체연료가 필요한 현 상황에, 비교적 원료물질이 풍부한 천연가스로부터 GTL생산에 관한 지속적인 연구는 그 해결책이 될 수 있다.

본 연구는 해외에서 Fischer-Tropsch방법에 의해 생산된 GTL연료를 국내 유통되고 있는 경유에 일정비율로 혼합하여, 대표적인 연료특성을 분석하였다. GTL은 증류성상과 가스크로마토그래피를 이용해 탄화수소 분포를 확인한 결과, 탄화수가 큰 화합물로 구성되어 있으며, 그 분포도가 상대적으로 짧게 형성되어 있어 인화점, 동점도가 높게 측정이 되었다. 또한 석유는 유기체가 오랜 시간동안 고온 고압하에서 형성된 물질이므로 일반경유에는 원료물질인 유기체로부터 기인된 황분이 포함되어 있는 반면 GTL은 일산화탄소와 수소를 이용해 합성된 연료이므로 황분이 거의 분석되지 않았으며, 이로 인해 윤활성이 크게 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 경유품질특성의 중요한 인자의 하나인 세탄가는 GTL이

경유에 비해 높게 나왔으며, 이는 자동차의 출력과 연비에 영향을 미칠 수 있다.

따라서 GTL과 일반경유의 일정 비율혼합에 따른 물성분석연구를 통해 볼 때, GTL은 높은 유도세탄가와, 우리나라의 법정 허용값보다 낮은 윤활특성을 지니고 있어 GTL연료를 차량에 직접 사용하는 것보다, 유통되고 있는 경유에 적당한 비율과 적절한 연료첨가제를 함께 사용하는 것이 디젤엔진의 추가적인 변형없이 대체연료로 사용할 수 있는 효과적인 방법일 것이라 사료된다.

참 고 문 헌

1. <http://www.geni.org/globalenergy/policy/renewableenergy/index.shtml>
2. E. Lotero, Y. Liu, D. E. Lopez, K. Suwannakarn, D. A. Bruce, and J. G. Goodwin Jr, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **44**, 5353 (2005).
3. M. N. Varma and G. Madras, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **46**, 1 (2007).
4. Y. K. Lim, S. C. Shin, E. S. Yim, and H. O. Song, *J. Korean Ind. Eng. Chem.*, **19**, 137 (2008).
5. M. Balat, H. Balat, and C. Oz, *Progress in Energy and Combustion Science*, **34**, 551 (2008).
6. E. S. Yim, K. Min, C. Jeon, D. Lee, J. R. Kim, S. S. Kim, E. J. Jang, C. K. Park, C. S. Jung, J. K. Kim, Y. K. Lim, and S. C. Shin, *New & Renewable Energy*, **3**, 98 (2007).
7. T. C. Ezeji, N. Qureshi, and H. P. Blaschek, *Curr. Opinion in Biotech.*, **18**, 220 (2007).
8. T. Wang, J. Wang, and Y. Jin, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **46**, 5824 (2007).
9. Y. Cao, Z. Gao, J. Jin, H. Zhou, M. Cohron, H. Zhao, H. Liu, and W. Pan, *Energy & Fuels*, **22**, 1720 (2008).
10. K. C. Stein, G. P. Thompson, and R. B. Anderson, *Ind. Eng. Chem.*, **49**, 410 (1957).
11. B. E. Mann, M. L. Tuner, R. Quyoum, N. Marsih, and P. M.

- Maitlis, *Energy & Fuels*, **6**, 228 (1992).
12. F. H. A. Bolder, *Energy & Fuels*, **21**, 1396 (2007).
 13. G. Jacobs, A. Sarkar, Y. Ji, M. Luo, A. Dozier, and B. H. Davis, *Ind. Eng. Chem. Res.*, **47**, 672 (2008).
 14. Y. Lu and T. Lee, *J. Natural Gas Chem.*, **16**, 329 (2007).
 15. <http://www.sasolchevron.com/>
 16. <http://www.shell.com/home/content/shellgasandpower-en/>
 17. J. Smit, M. V. S. Annaland, and J. A. M. Kuipers, *Chem. Eng. Res. Design*, **82**, 245 (2004).
 18. K. Aasber-Peterson, T. S. Christensen, C. S. Nielsen, and I. Dybkjær, *Fuel Proc. Tech.*, **83**, 253 (2003).
 19. A. Abu-Jari, A. Tsolakis, K. Theinnoi, R. Cracknell, A. Megaritis, M. L. Wyszynski, and S. E. Golunski, *Energy & Fuels*, **20**, 2377 (2006).
 20. 석유제품의 품질기준과 검사방법 및 검사수수료에 관한 고시 (산업자원부 고시 제2006-42호, 2006. 4. 26).
 21. T. Wu, Z. Huang, W. G. Zhang, J. H. Fang, and Q. Yin, *Energy & Fuels*, **21**, 1908 (2007).