

## 경유의 윤활특성

신성철 · 강익중\*

한국석유품질검사소 기술정보팀  
\*경원대학교 화학공학과

## Lubricating Characteristics of Diesel Fuel

Seong Cheol Shin and Ik Joong Kang\*

*Technical Information Team, Korea Petroleum Quality Inspection Institute, Sunnam, 463-420, Korea  
\*Department of Chemical Engineering, Kyungwon University, Sunnam, 461-701, Korea*

**Abstract** – The reduction of sulfur content in the diesel fuel has caused the poor lubricity of diesel fuel in the distributor type injection pumps of diesel engines that use the diesel for lubrication of their moving parts. To investigate the reason for poor lubricity of low sulfur diesel fuels, the wear scar diameters by HFRR (High Frequency Reciprocating Rig) were measured on the diesel fuels from Korean markets and the results were compared with their physical and chemical properties. Also, the lubricity change and the improvement effects on lubricity additives for the ultra low sulfur diesel fuel, were made experimentally, that will be regulated to a maximum of 0.005 wt% from about 2005 were evaluated. As a result, a good correlation was found between the wear scar diameter and the polyaromatic compound which includes heterocyclic compound in the diesel fuel. It was also found that the content of polyaromatic compound including heterocyclic compound was affected by the amount of desulfurization treatment fraction. And the lubricity additives with ester base were more effective than that with acid base on the ultra low sulfur diesel fuel. Therefore, it is suggested that the factors affecting the lubricity stated above should be taken into account to improve the lubricity property of the diesel fuel in the refining process.

**Key words** – diesel fuel, lubricity, distributor type injection pump, polyaromatic hydrocarbon, sulfur, polar compound, nitrogen, kinematic viscosity.

### 1. 서 론

#### 1-1. 연구 배경

자동차는 우리의 일상생활에서 없어서는 안될 필수품이며 쾌적한 생활을 추구하는데 있어 제일의 지표로서 자리잡고 있는 문명의 이기이다. 그러나 자동차는 현재 우리에게 본래의 목적인 편리성의 제고뿐만 아니라 대기오염이라고 하는 매우 나쁜 영향도 주고 있으며 해마다 그 피해가 증대되고 있는 실정이다.

환경부의 대기오염물질 배출량 현황보고에 의하면 '97년도 전국의 대기오염물질 배출량 총 4,365천톤 가운데 41.1%인 1,795천톤이 자동차로부터 배출되었으며[1], 서울시의 경우는 전체 배출량 388천톤 중 85.3%인 331천톤이 자동차 배출가스에 기인한 것이

었다[1]. '98년 12월 기준에서 경유차는 전체 자동차 대수 중 29.6%에 불과한 3,065,578대 이지만, 여름철 오존의 주요생성물질인 질소산화물 (NOx)의 경우 84.1%를, 그리고 오염물질 가운데 가장 해로운 물질로 알려진 입자상물질(PM : Particulate Matter)은 98.4%를 배출하고 있어[2] 오염물질에 대한 기여도가 매우 높은 상황이다. 이에 따라 우리나라를 비롯한 주요 선진국에서는 자동차 배출가스의 주 목표가 경유차의 배출가스 저감에 맞추어져 있고, 점진적으로 기준이 강화되고 있다. 자동차업계에서는 이와 같은 배출가스 기준충족을 위하여 최근 배기가스재순환장치(EGR : Exhaust Gas Recirculation), DeNOx 및 DPF (Diesel Particulate Filter) 등 후처리촉매의 장착에 의하여 대응하고 있다[3,4].

경유 중의 황분은 연소 후, 황산염의 형태로 입자상물질(PM)의 일부를 구성하는 오염물질로도 규제의 대상으로 되어 있지만[5,6], EGR 등 후처리장치에 촉매피독을 발생시켜 후처리장치의 효율을 저하시키므로 배출가스 규제달성을 위하여는 반드시 저감시키지 않으면 안되는 물질로 규정되어 있다[7].

그렇지만 경유의 저황분화에 의해 경유의 율활성도 저하되기 때문에 경유로 율활하는 연료분사펌프에 여러 가지 부조화를 발생시켜 문제를 야기시키고 있다[8,9]. '91년 스웨덴에서 도시용 경유 (City Diesel)가 판매되어 이 경유를 분배형연료분사펌프에 사용하였을 때 소부나 이상마모가 발생하였고, 또한 '93년부터 선진외국에서 황분을 0.05 wt%로 저감시켰던 당시 이와 유사한 사례가 나타났다[8]. 펌프의 마모는 궁극적으로 고장을 유발시켜 차량을 정지시키지만, 마모과정 중에 출력저하, 운전성 및 배출가스를 악화시키기도 한다.

국내에서도 '98년 4월부터 경유 황분을 0.05 wt%로 강화한 후, 자동차업계에 의하여 약 270여만대로 추정되는 중·소형 경유자동차에서 율활성저하의 문제가 제기되었다. 이에 따라 환경부에서는 대비방안으로 대기환경보전법의 자동차연료 제조기준에 율활성 항목을 신설키로 결정하였다. 또한 2002년 경유차 배출가스 기준강화에 따라 황분을 현행 0.05 wt%에서 0.043 wt%로 저감시키고[10] 2005년경부터는 0.005 wt% (50 ppm)로 대폭 강화시키려고 계획하고 있다.

스웨덴에서 연료분사펌프에 이상마모가 발생되었던 것을 계기로 국제표준화기구(ISO)는 경유 율활성을 실험실적으로 평가할 수 있는 시험법을 검토하여 실제 펌프리그시험과 상관성이 양호하다는 결론에 따라 HFRR(High Frequency Reciprocating Rig, 고속 왕복동마모시험장치) 시험방법을 제정하였고, 현재 국제규격 시험방법으로 공인되고 있다.

본 연구에서는 이와 같은 배경으로 경유 중의 황분농도 규제강화에 따른 율활성 현황을 평가하고, 율활성에 미치는 경유의 성분·조성의 영향과 가까운 시일 내에 강화가 계획되어 있는 초저황분 경유(황분 50 ppm)의 율활성 저하를 검토하였으며, 성능 저하 보완책으로의 율활성첨가제 효과도 평가하여 율활성 품질향상대책을 마련하고자 하였다.

1-2. 연료분사펌프

디젤엔진은 압축되어 고온으로 된 공기 중에 연료

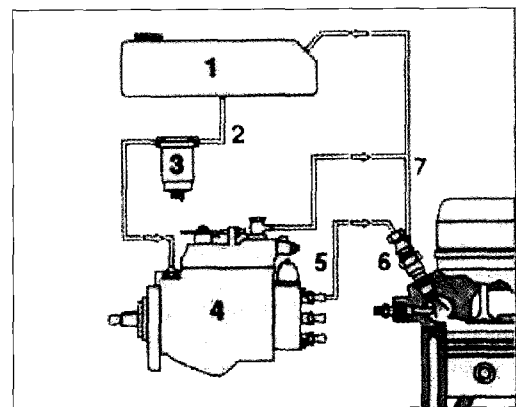
를 분사시켜 연료의 자기착화에 의하여 연소(확산연소)시키는 방식이다. 경유차의 연료분사펌프는 연소실 내로 연료를 霧化형태로 분사시키는 일을 수행하며 연소실 내로 유입되는 연료의 분사량 및 분사시기 등을 제어하여 디젤엔진의 성능에 큰 영향을 미치므로 엔진의 심장부라고 일컬어진다.

연료분사펌프는 列型和 분배형으로 대별되고 있는데 列型の 경우는 주로 대형 트럭, 버스 등에 사용되고 있으며 펌프 내의 율활을 율활유로 행하고 있으므로 저황분화에 따른 직접적인 율활성 영향은 받고 있지 않은 반면, Fig. 1의 No. 4와 같은 분배형연료분사펌프(분사펌프)는 경유차 가운데 소형 트럭과 승용차 등의 RV차량에 주로 채택되고 경유로 분사펌프 내부의 율활을 행하고 있기 때문에 경유의 율활성 저하에 의하여 내구성이 저하되고 있다.

연료의 율활성 저하에 의한 마모는 약 20여년 전부터 제트연료에서 최초로 문제가 일어났다. 수소화처리한 경유의 혼합량을 증가시킨 후, 제트엔진의 분사펌프와 거버너 등의 연료계통 부품에서 마모와 조기고장이 발생하였다[8].

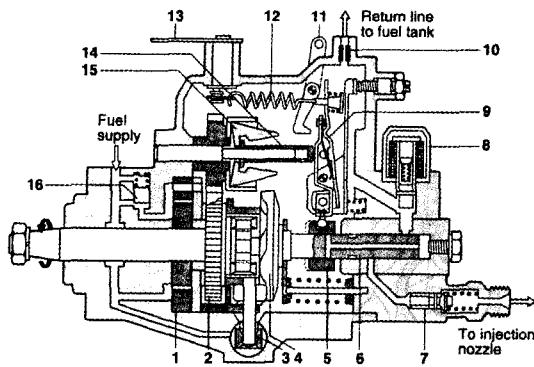
경유에서 율활성의 문제발생은 '91년 스웨덴에서 초저황분, 저방향족분 경유의 시판직후의 일이었다. 이 제품은 황분을 10 ppm까지 심도탈황한 것으로서 과도한 탈황에 따른 연료의 율활성 저하에 의해 분사펌프의 사용한계를 벗어난 것으로 추정되고 있다[9,11,12].

저황분 경유를 사용하는 초기에는 로타리펌프에서



- 1. Fuel tank
- 2. Fuel line
- 3. Fuel filter
- 4. Distributor-type pump
- 5. Pressure line
- 6. Injection nozzle
- 7. Fuel-return line

Fig. 1. Fuel-injection system in diesel engine.



- 1. Vane-type supply pump
- 2. Governor drive
- 3. Timing device
- 4. Cam plate
- 5. Control collar
- 6. Distributor plunger
- 7. Delivery valve
- 8. Solenoid-actuated shutoff
- 9. Governor lever mechanism
- 10. Overflow throttle
- 11. Mechanical shutoff device
- 12. Governor spring
- 13. Speed-control lever
- 14. Control sleeve
- 15. Flyweight
- 16. Pressure-control valve

Fig. 2. VE Distributor-type fuel-injection pump.

마모가 많이 발생하였지만, 점차 플런저, 축의 회전 부분 등의 마찰부분까지 확대되었다. Fig. 2는 분사 펌프의 도면으로 윤활성 저하에 의한 마모는 주로 No. 1, 4, 6, 14 부위에서 발생하고 있다.

분사펌프는 面壓의 계산치와 마찰시험에 의한 마찰계수의 측정치로부터 경유 중 미량의 극성물질이 금속에 유막을 형성하여 경계윤활영역에서 윤활작용을 하고 있는 것으로 추정되고 있다[13,14]. 따라서 분사펌프는 종래 경유가 가지고 있는 고유 윤활성으로 내구성이 유지된다고 하는 것을 전제로 설계되었다. 그러나 저황분화에 의한 윤활성의 저하에 따라 종래 설계대로는 내구성을 충분히 유지할 수 없는 것으로 인식되고 있다. 현재 본 펌프의 근본적인 개

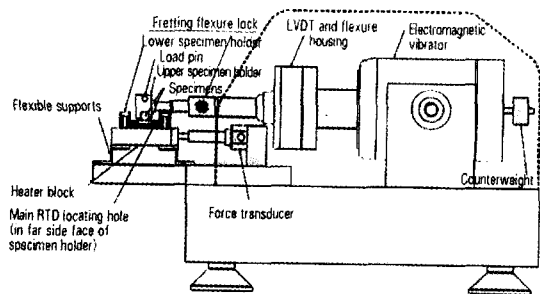


Fig. 3. High frequency reciprocating rig (HFRR).

량은 곤란하기 때문에 윤활성 문제가 없었던 시기의 경유 윤활성이 유지되도록 하는 것이 요청되고 있는 실정이다.

## 2. 실험

### 2-1. 실험장치 및 분석조건

#### 2-1-1. 윤활성

윤활성 시험은 실제 연료펌프의 마모경로가 유사하고 경유의 윤활성 평가 공인장비로서 전세계적으로 널리 사용되고 있는 Fig. 3과 같은 HFRR (High Frequency Reciprocating Rig)를 사용하여 실시하였다.

이 장비는 경유 엔진의 연료펌프 환경과 근접한 마모형태를 모사하여 평판(Lower)에 볼(Upper)이 일정한 하중으로 시료에 잠긴 상태로 접촉시켜 왕복운동을 수행시키고 시험 중에는 전기적 접촉저항을 측정하여 윤활막의 형성과 마찰계수를 정량적으로 측정할 수 있고(윤활성은 윤활유막에 비해, 마찰계수에 반비례), 시험종료 후, 볼의 접촉부위에서 마모흔지름(Wear Scar Diameter)을 읽어 경유의 윤활성을 평가한다.

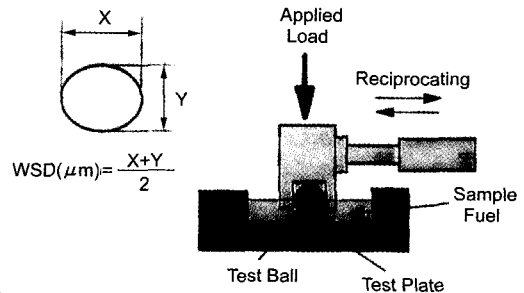
이 시험법은 온도, 습도의 영향을 자동보정하는 CEC-F-06-A-96에 준거하고 있으며 시험조건은 Table 1과 같다.

#### 2-1-2. 황분

황분은 KS M207 : 98 원유 및 석유제품 황분 시험방법에 규정되어 있는 미량전기적정식산화법 장비(Mitsubishi TS-03)를 사용하여 측정하였다.

#### 2-1-3. 질소분

질소분은 KS M2112 : 96 원유 및 석유제품 질소분 시험방법에 규정되어 있는 미량전기적정식산화법 장비 (Mitsubishi TM-05)를 사용하여 측정하였다.



**Table 1. Test condition of lubricity**

Frequency	50 Hz
Stroke	1 mm
Load	200 g
Test Temp.	60°C
Fuel Volume	2.0 ml
Duration	75 min

**2-1-4. 동점도**

동점도는 KS M2014 : 97 원유 및 석유제품의 동점도 시험방법 및 석유제품 점도지수 계산방법에 규정된 장비 (Cannon CAV3)를 사용하여 측정하였다

**2-1-5. 다환방향족**

다환방향족은 IP 391/95 Determination of aromatic hydrocarbon types in diesel fuels and distillates-High performance liquid chromatography refractive index detection method에 규정된 장비(영린 기기 HPLC9000)를 사용하여 측정하였다.

이 분석법은 Di- 및 Polyaromatic Hydrocarbon Peak에 Benzothiophene류 및 Dibenzothiophene류 등 Heterocyclic Compound도 동시에 측정되므로 본 연구에서 분석한 다환방향족이라 함은 이들 Heterocyclic Com-pound도 포함되어 있다. 측정조건은 Table 2와 같다.

**2-1-6. GC/MS 분석**

극성물질의 정성분석은 Hewlett Packard사 G1800C를 이용하였다. 본 장치의 분석조건은 Table 3과 같이 설정하였다.

**2-1-7. IR 분석**

IR 분석기는 미국 Midac사 Fox FT-IR을 사용하였다. KBr셀을 이용하여 흡광도를 측정, 첨가제 주요 성분의 함량을 평가하였다.

**Table 2. Test condition of HPLC analysis**

Column	NH <sub>2</sub> Column 25 cm × 4.6 mm, 5 μm thickness, 2ea
Column Temperature	35°C
Detector	Refractive Index Detector
Mobile Phase	Heptane, 2.0 ml/min
Injection Volume	10 μl
Report	External Standard Calibration
Run Time	20 min

**Table 3. Test condition of GC/MS analysis**

Column	Ultra-Alloy 17 30 m × 0.25 mm(I.D) × 0.15 μm (film thickness)
Oven Temperature	150°C(0 min) → (10°C/ min) → 250°C(5 min)
Inlet Temperature	250°C
Detector Temperature	280°C
Injection Volume	1 μl
Split Ratio	60:1
Carrier Gas	He, 0.8 ml/min

**2-2. 시험연료**

**2-2-1. 시판경유의 성상·조성과 윤활성의 관련성 조사**

경유의 성상 및 조성이 윤활성에 미치는 영향을 조사하기 위하여 Table 4에 나타난 총 56종의 연료에 대하여 시험을 하였다.

시험연료의 선정은 '91년도 석유사업법 품질기준 No. 2(황분규격 0.4 wt%) 제품 3종과 '97년도 석유사업법 품질기준 No. 2(황분규격 0.1 wt%) 제품 10종 및 현재 시중에 유통되고 있는 고황분 선박용(1.0 wt%) 3종과 석유사업법 품질기준 No. 2 (0.05 wt%) 40종을 대상으로 하여 윤활성과 윤활성에 영향을 줄 수 있다고 추정되고 있는 황분, 질소분, 다환방향족(Heterocyclic Compound 포함) 및 동점도를 측정하였다.

**2-2-2. 황분 농도에 따른 윤활성 변화 및 원인물질의 규명 조사**

황분 농도에 따른 경유의 조성변화와 윤활성과의 상관성을 조사하기 위하여 Table 5 Symbol E의 고

**Table 4. Diesel fuel evaluated for lubricity**

Symbol	Grade	Sulfur Level	Quantity
A	Marine Fuel ('99)	1.0 wt%	3
B	PBA Spec. No.2 ('91)	0.4 wt%	3
C	PBA Spec. No.2 ('97)	0.1 wt%	10
D	PBA Spec. No.2 ('99)	0.05 wt%	40

PBA : Petroleum Business Act

**Table 5. Fuel evaluated for lubricity**

Symbol	Sulfur Level	Remark
E	1.20 wt%	High Sulfur
F	0.05 wt%	Low Sulfur (Deep)
G	0.005 wt%	Ultra Low Sulfur (Ultra Deep)

황분 경유(쿠웨이트산 등 10종의 혼합원유로 제조)를 탈황하여 저황분 경유(Symbol F) 및 초저황분 경유(Symbol G)를 조제한 후, 각 시험연료의 윤활성과 다환방향족(Heterocyclic Compound 포함) 및 황분을 측정하였다.

또한 윤활성 기여물질 규명을 위하여 Homocyclic Compound 시약과 Symbol E로부터 추출한 극성물질을 Symbol G에 각각 첨가한 후, 윤활성과 성분분석 등을 하였다.

**2-2-3. 윤활성첨가제의 윤활성 개선효과 조사**

초저황분 경유에 대한 윤활성첨가제의 윤활성 개선효과를 평가하기 위하여 시중에서 판매되고 있는 윤활성첨가제 4종을 선정하여 Table 5의 Symbol G 시험연료(초저황분 경유)에 4종류의 윤활성첨가제를 각각 25~500 ppm까지 첨가시켜 4종(Table 6 Symbol H~K)의 윤활성의 검토를 행하였다.

또한 동일한 윤활성을 갖지만, 황분함량이 다른 경유(초저황분 및 저황분)에 대한 첨가제 효과비교를 위하여 Table 6과 같이 Symbol H와 L의 윤활성 평가를 실시하였다.

**2-3. 고허분 경유로부터의 극성물질의 추출**

수소화탈황에 의하여 황분과 함께 제거되는 성분은 주로 극성물질로 고려되고 이 물질이 경유 윤활

성 저하의 주요 원인물질로 추정되어 Fig. 4에 나타낸 바와 같이 고허분 경유(Table 5 Symbol E)를 증류한 후, 50% 유출잔류물을 톨루엔을 운반액체로 한 Column Chromatography를 통하여 포화분과 방향족분을 분리한 다음 SiO<sub>2</sub>에 흡착한 극성물질을 아세톤으로 세정하여 추출하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3-1. 시판경유의 성상 · 조성과 윤활성의 관련성**

Fig. 5에 나타낸 바와 같이 동점도와 윤활성과는 좋은 상관성을 보이지 않았다. 동점도는 통상 경유 제조 시 비점이 다른 반제품의 혼합량에 따라 좌우되고, 윤활성 기여물질 농도와는 직접 비례하지 않는 것에 기인한 것으로 추정된다.

Fig. 6~7에서와 같이 황분과 질소분도 윤활성과 직접적인 상관관계는 보이지 않았지만, Fig. 8의 다환방향족(Heterocyclic Compound 포함)의 경우는 다환방향족이 많은 경유일수록 윤활성이 우수하다고 하는 명확한 상관성이 나타났다. 이것은 다환방향족 성분 중에는 분사펌프 내에서 마모방지에 좋은 효과를 보이는 물질이 존재하고 이것이 금속표면에 유막을 형성하여 금속간 마모방지에 효과를 주고 있는 것으로 추정되고 있다.

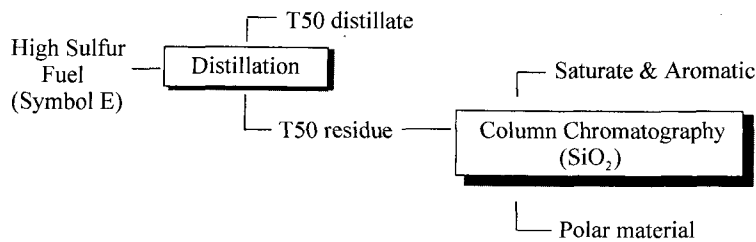
**3-2. 황분 농도에 따른 윤활성 변화 및 원인물질의 규명**

**3-2-1. 황분 농도에 따른 조성 및 윤활성의 변화**

Symbol E를 원료로 하여 탈황을 한 후 저황분 및 초저황분 경유를 조제하여 각 공시연료를 시험한 결과, Fig. 9와 같이 탈황 유분의 多少에 따라 비례적으로 다환방향족이 저감되었고 윤활성이 악화되었다. 이 결과는 경유 중의 다환방향족이 탈황공정 중에 윤활성이 좋지 않은 단환의 방향족으로 변환되는

**Table 6. Diesel fuel evaluated for lubricity additive effect**

Symbol	Additive Type	Base Fuel	Additive Dosage(ppm)
H	Ester 1	G	
I	Ester 2	G	
J	Acid 1	G	25, 50, 75, 100,
K	Acid 2	G	150, 200, 500
L	Ester 1	Other Low Sulfur Fuel	



**Fig. 4. Extract separation scheme.**

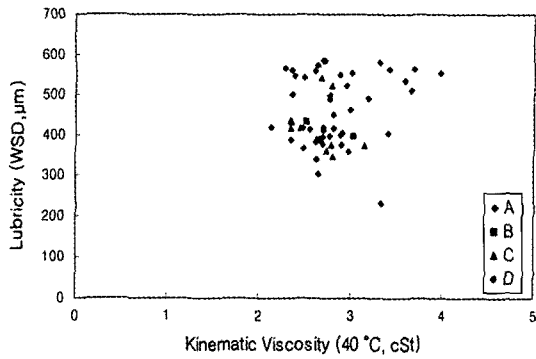


Fig. 5. Effect of kinematic viscosity on lubricity.

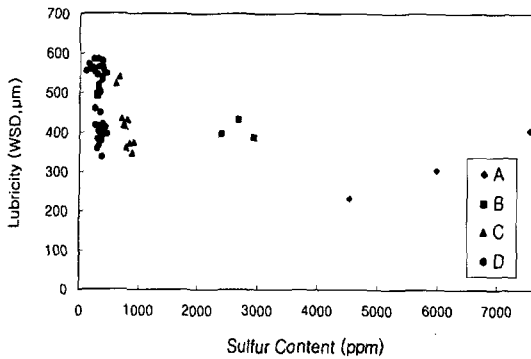


Fig. 6. Effect of sulfur content on lubricity.

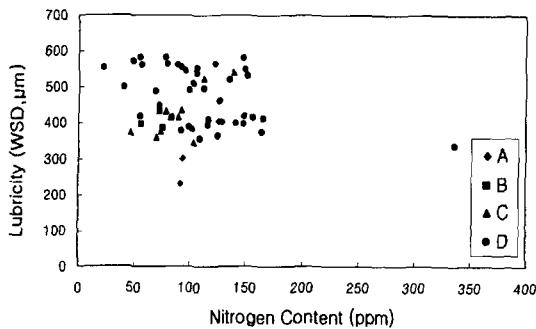


Fig. 7. Effect of nitrogen content on lubricity.

것에 기인하는 것으로 추정되고 있다.

3-2-2. 극성물질의 윤활성 영향

Fig. 8 및 Fig. 9에서와 같이 윤활성은 다환방향족의 함량과 밀접한 관계를 갖는 것이 판명되었다. 따라서 윤활성에 영향을 주는 물질의 규명을 위하여 다환방향족 첨가에 의한 윤활성의 영향을 평가하였다. 본 연구에서 HPLC로 분석한 다환방향족에는 Homocyclic Compound (Di- & Polyaromatic Com-

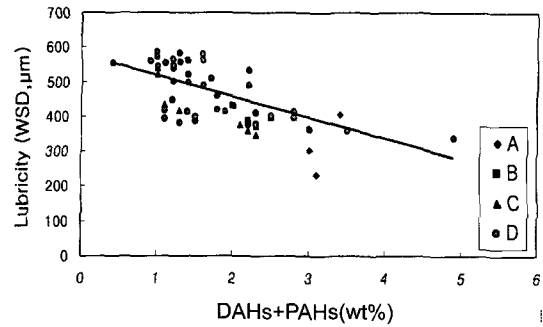


Fig. 8. Effect of polyaromatic content on lubricity.

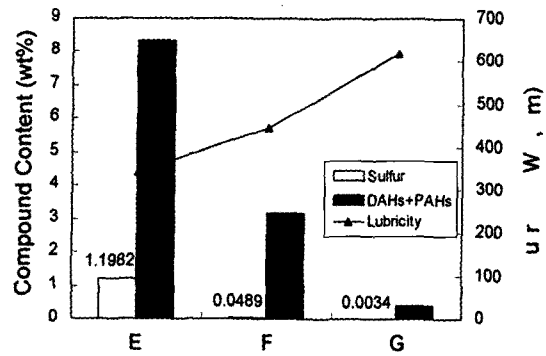


Fig. 9. Compound & lubricity change by hydrodesulfurization.

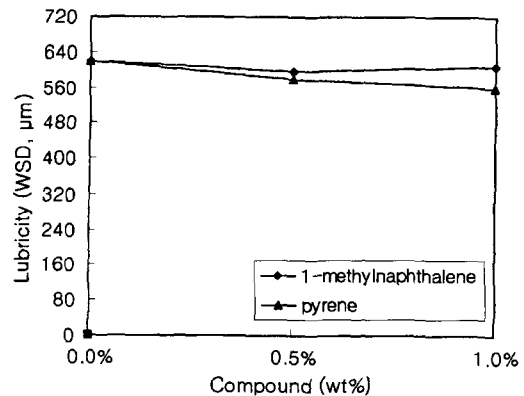


Fig. 10. Effects of Di- & polyaromatic hydrocarbons on lubricity.

ound)에 Heterocyclic Compound도 동시에 분석되며 이들 물질들을 분리·분취할 수 없었기 때문에 우선 1-methylnaphthalene 및 Pyrene 시약을 선정하여 Homocyclic Compound의 윤활성 영향분석을 행하였다. 그 결과 Fig. 10에서와 같이 Homocyclic Compound는 윤활성에 별다른 영향을 주지 않는 것으로

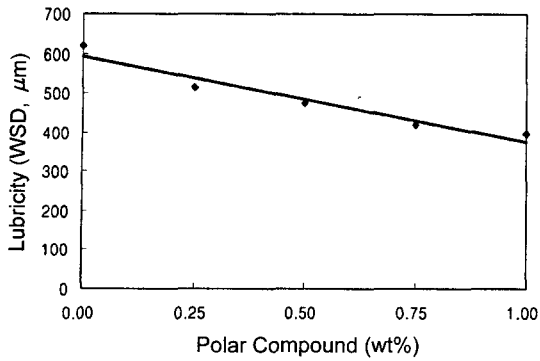


Fig. 11. Effect of polar compound on lubricity.

Table 7. Comparison of content of high sulfur diesel & polar compound

Component	High Sulfur Diesel (symbol E)	Polar Compound (Extract from Symbol E)
Sulfur (ppm)	11,982	17,853
Nitrogen (ppm)	148	1,771

나타났다.

다음으로 Heterocyclic Compound의 윤활성 영향을 조사하기 위하여 Symbol E로부터 추출한 극성물질을 Symbol G에 첨가하여 윤활성을 검토한 결과, Fig. 11에서와 같이 극성물질의 첨가량에 비례하여 윤활성이 개선되었다. 극성물질에는 금속표면에 안정적인 음이온을 형성할 수 있는 Heterocyclic Compound가 존재하는 것으로 추정되므로 Table 7에서와 같이 고탄분 경유(Symbol E)와 고탄분 경유로부터 추출한 극성물질의 질소분 및 황분 비교와 Fig. 12의 극성물질 GC/MS 분석결과, 극성물질에는 S, N, O등의 Heterocyclic Compound가 함유되고 이것

이 경유의 윤활성에 유효하게 작용하는 것으로 추정되었다.

3-3. 윤활성첨가제의 윤활성 개선효과

3-3-1. 초저황분 경유에 대한 첨가제 타입별 윤활성 영향

각 2종의 에스테르계 및 지방산계 윤활성첨가제의 첨가시험결과, Fig. 13에서와 같이 에스테르계 첨가(H,I)가 지방산계 첨가(J,K)보다 효과가 우수한 것으로 나타났으며, 동일한 에스테르계 첨가제 타입이라도 윤활성 부여물질인 에스테르 성분의 농도가 다른 경우 윤활성 효과가 다른 것으로 나타났다. 즉, 국제적인 윤활성 규격 460 μm 이하를 기준으로 할 경우, 첨가제 농도 100~150 ppm에서 윤활성 개선효과는 H보다 I가 우수한 것으로 나타났다. 이것은 Fig. 14의 IR 분석결과, 첨가제 중에 윤활성 부여물질을 나타내는 IR band (1736 및 1161 cm<sup>-1</sup>)에서 I의 첨가제(Ester 2)가 H의 첨가제(Ester 1)보다 농도가 더 높은 것으로 나타난 바와 같이 I의 첨가제가 윤활성 부여물질을 더 많이 함유하고 있는 것에 기인한 것으로 추정된다.

3-3-2. 초저황분 및 저황분 경유에 대한 첨가제 효과비교

동일한 에스테르계 첨가제(Ester 1)를 유사한 윤활성을 가지는 초저황분(0.0034 wt%) 및 저황분(0.021 wt%) 경유에 첨가하여 시험한 결과, Fig. 15에서와 같이 초저황분 경유 보다 저황분 경유에 대한 첨가제의 윤활성 개선효과가 우수하였다. 이것에 대한 원인은 명확하지는 않으나, 첨가제 혼합에 따라 윤활성 상승효과를 나타내는 성분이 저황분 경유에 더 많이 함유되어 있는 것에 기인한 것으로 추정된다.

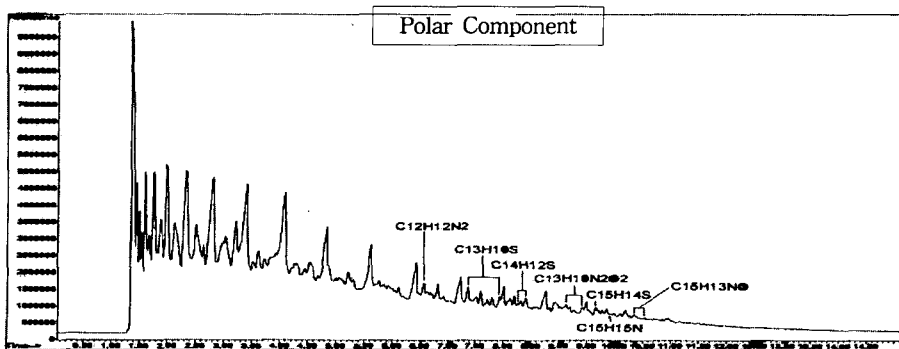


Fig. 12. GC chart of polar compound.

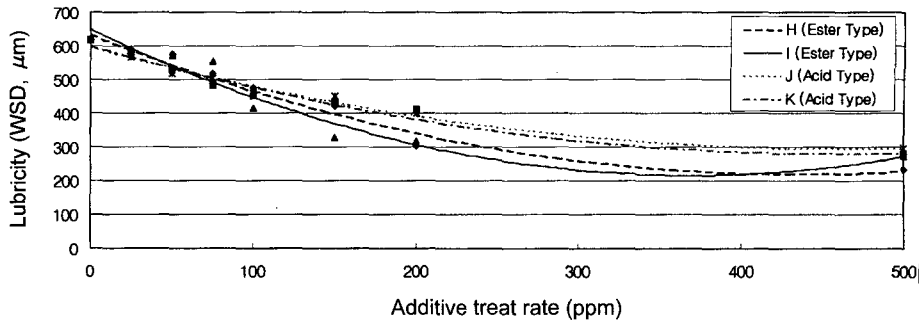


Fig. 13. Effects of lubricity additives on lubricity property.

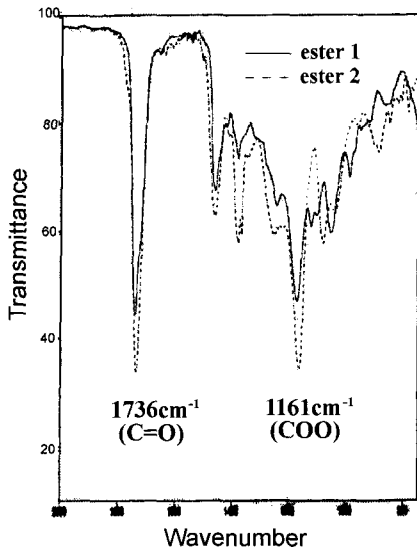


Fig. 14. IR spectrum of additives with ester base.

4. 결 론

경유의 저황분화에 따른 경유의 성상·조성과 윤활성의 상관성, 황분 농도에 따른 경유 조성과 윤활

성의 변화 및 초저황분 경유에 대한 윤활성첨가제의 윤활성 개선효과 등을 검토하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 시판경유에서는 경유의 다환방향족(Heterocyclic Compound 포함)이 윤활성에 영향을 미치는 것으로 나타났고 동점도, 황분, 질소분은 명확한 상관성을 보이지 않았다.

2. 황분 농도에 따라 경유 중의 다환방향족 (Heterocyclic Compound 포함)이 비례하여 제거되었고 아울러 윤활성도 악화되는 것으로 나타났다.

3. 다환방향족 함량으로 분석되는 Heterocyclic Compound가 윤활성 기여물질인 것으로 판명되었다.

4. 시판첨가제의 윤활성 개선효과에 관하여는 초저황분 경유에 첨가할 경우 지방산계 보다 에스테르계 첨가제가 보다 효과가 있는 것으로 나타났으며, 동일한 에스테르계 첨가제의 첨가효과는 초저황분 경유보다 저황분 경유에 첨가할 경우 더 효과가 있는 것으로 나타났다. 이에 대한 원인은 첨가제 혼합에 따라 윤활성 상승효과를 나타내는 성분이 저황분 경유 쪽에 더 많이 함유된 것으로 추측된다.

이상의 결과로부터 윤활성에 영향을 주는 성분, 첨

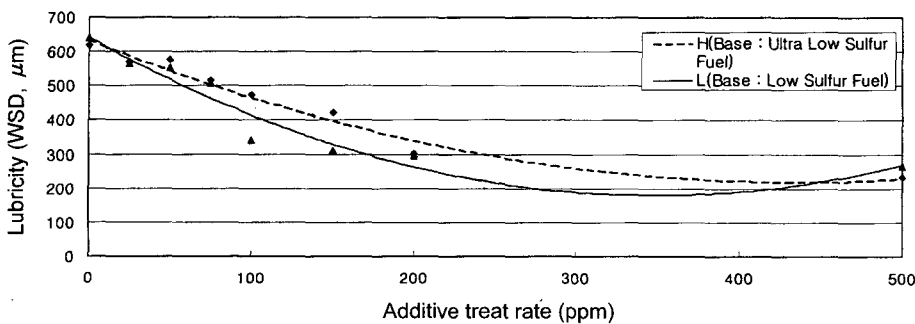


Fig. 15. Comparison for effects of lubricity additives of low & ultra low sulfur diesel on lubricity property.



가제에 의한 개선효과 등을 고려하여 경유 생산공정에 참고한다면 양호한 윤활성을 갖는 경유제품을 보다 효율적으로 생산할 수 있을 것으로 기대된다.

### 참고문헌

1. 이규용, 자동차배출가스 관리 종합대책(안), 「21세기 자동차배출가스 관리정책 방향대토론회」자료 (1999)
2. 한화진, 자동차용 연료품질 개선 방향, 「21세기 자동차배출가스 관리정책 방향 대토론회」자료 (1999)
3. 정용일, 제작자동차 배출가스 허용기준 방향, 「21세기 자동차배출가스 관리정책 방향 대토론회」자료 (1999)
4. 環境廳自動車排出ガス低減技術評價検討會, 「自動車排出ガス低減技術に関する第4次報告書」(1994)
5. Lange. W. W., SAE Paper 912425 (1991)
6. 森永正隆ほか, 軽油組成がディーゼルエミッションに及ぼす影響, 自動車技術會學術講演會 前刷集 (1995)
7. (財)エネルギー総合工学研究所, “軽油の低硫黄化に関する調査報告書” (1989)
8. Booth M. et al., “Severe Hydrotreating of Diesel Can Cause Fuel-Injector Pump Failure,” Oil & Gas Journal, Vol.92 No.33 (1993)
9. Lacey P. L. et al., “Diesel Fuel Lubricity,” SAE Paper 950248 (1995)
10. 環境부, “대기환경보전법시행규칙중개정령안 입법예고” 환경부공고제2000-46호 (2000)
11. Tucker R. F et al., “The Lubricity of Deeply Hydrogenated Diesel Fuel-The Swedish Experience,” SAE Paper 940216 (1994)
12. Nikanjam M. et al., “Lubricity of Low Sulfur Diesel Fuels,” SAE Paper 932740 (1993)
13. 勝又聰, 軽油の低硫黄化と潤滑性について, 潤滑經濟 (1997)
14. 折井望, 低硫黄軽油の潤滑特性について, 自動車技術 No.5 (1995)