

엔진유의 열화에 따른 성능변화에 관한 실험적 연구

문 우 식, 이 종 훈
(주) 유공 대덕연구소

1. 서론

자동차엔진의 고성능화 및 경량화는 지속적으로 추구되어 왔으며, 향후에도 배기가스 저감 및 연비향상 등의 문제 해결을 위한 기술개발이 지속될 것으로 예상된다. 이와 같은 엔진의 지속적인 성능향상에 따라 엔진유의 요구성능도 증가일로에 있는데, 특히 엔진유에 가해지는 열부하의 증대로 고온산화에 의한 열화가 촉진되기때문에 이와 관련된 엔진유의 고성능화가 절실히 요구되고있다.

국내에서도 가솔린엔진유의 신규격인 API SH 및 ILSAC GF-1 규격을 만족하는 신제품들이 개발되어 상업화되어있다. 그러나, 이러한 고성능제품들의 성능이 구규격 제품인 API SG, SF, SE, SD 등의 제품과 어떻게 차이가 있는지에 대한 체계적인 연구가 되어있지 못한 실정이다.

본보에서는 성능등급이 서로 다른 가솔린엔진유에 대한 성능차이를 조사하기 위하여 수행한 실험결과를 보고하고자 한다.

2. 시험방법

2.1 시료유

시료유는 Table 1에 나타낸 바와 같이 성능이 API SD, SE, SF, SG, SH급으로 서로 다른 6 종류를 준비하였다. 점도등급은 SAE 10W/30을 만족하도록 동일한 점도등급으로 배합하였다.

기유로는 용제추출형 기유인 150N 과 500N을 점도등급이 10W/30이 되도록 배합비를 조절하여 적용하였으며, 점도지수향상제로는 OCP (Olefin Co-Polymer)

형인 동일한 첨가제를 동일량 첨가하였다. 또한, 오일 A, B, C 및 오일D, E, F에는 각각 다른 첨가제 a, b 를 API 성능등급에 만족되도록 투여량이 다르게 배합하였다.

2.2 열화실험 및 성능평가방법

내연기관용 윤활유의 산화안정도 시험방법 (KS M2021-1987)에 준하여 열화시켰으나, 가혹도를 증가시키기위하여 시험시간을 168 h으로 연장하였으며, 특수제작한 촉매를 시료유에 1 wt%첨가하였다. 시험중 24 h 간격으로 열화유를 50 cc 씩 채취한 후 시료유와 촉매를 동일량 보충하였다.

Table 1. Engine Oils

Oil Code	A	B	C	D	E	F
API Grade	SD	SE	SF	SF	SG	SH
ILSAC Grade	-	-	-	-	-	GF1
DI* Package						
a, wt%	3.5	5.6	6.3	-	-	-
b	-	-	-	10	11	12
VII**	6 wt% (OCP*** Type)					
Base Oil	Solvent Extracted Type 150N + 500N Balanced					
Viscosity Grade	SAE 10W/30					

* DI : Detergent-Dispersant-Inhibitor
** VII : Viscosity Index Improver
*** OCP : Olefin Co-Polymer

각 시료유 및 열화유에 대하여 점

도, 전염기가 및 전산가 등의 물성을 분석하였으며, 슬러지생성억제 성능 그리고 마찰마모특성 등의 성능을 평가하였다. 또한, 적외선 분광분석도 실시하였다.

성능평가방법은 Table 2 에 나타낸 바와 같다.

Table 2. Performance Evaluation Method

Evaluation Item	Test Method and Conditions
Sludge Prevention	- Test Cond.: 140°C, 16 h Air, NOx Supply - Sludge: mg
Wear and Friction (SRV Test)	- Test Cond.: 200N, 2h, 50°C 1.0mm-Stroke - Wear: Scar width, mm Friction Coefficient

3. 실험결과 및 고찰

3.1 열화에 따른 점도변화

엔진유의 점도는 가장 기본이 되는 물성으로 사용중 과다하게 변화하면 여러가지 문제를 야기시킬 수 있다. 과다하게 증가되면 시동성이 나빠지고 연료소비가 증가되며, 반대로 저하되면 과다마모의 문제를 일으키게 된다.

Fig.1 은 열화에 따른 점도변화를 나타낸 것이다. 열화 초기에 점도가 조금 감소한 후, 완만한 증가와 급격한 증가가 이어지는 일반적인 경향을 보여주고 있다. 엔진유의 점도저하는 엔진내에서의 물리적인 전단에 의한 것과 고온에서의 열산화에 의한 것이 있는데, 본실험에서의 전단물은 극히 적기때문에 대부분 첨가제의 열산화에 기인된 것으로 볼 수 있다. 첨가제 중에서도 엔진유의 점도증가에 기여하는 고분자물질인 점도지수향상제 및 분산제 등의 분해가 그 주원인이다[1].

시료유의 점도지수향상제 투입량이

동일하다는 것을 고려하면 시료유간에 초기점도저하의 차이는 첨가제의 종류와 투입량에 기인된다는 것을 알 수 있다. 특히 첨가제b를 사용한 오일 D, E, F의 점도저하가 급격한데, 이는 슬러지 제어를 위하여 API SG 급 이상에 사용하고있는 고분자형 분산제가 원인일 것으로 판단된다. 반면 고분자형 분산제를 사용하지않은 첨가제a를 함유한 오일 A, B, C의 점도저하는 상대적으로 적다.

초기 (24 h) 열화 이후에 점도가 서서히 증가되는 정도는 모든 시료유에서 거의 동일하나, 168 h 후에 점도가 급상승하는 오일도 나타나게되는데 첨가제b를 사용한 오일 D, E 그리고 첨가제a를 사용한 오일 D, E 중에서 오일A의 점도증가가 급격하다.

이와 같은 열화에 따른 점도의 변화는 가능한 한 억제하는 것이 바람직하겠지만, 여타 성능에의 영향을 고려하여 설계할 필요가 있고, 사용 중에도 SAE 점도 범위에 만족되는 점도를 유지하는 것이 요구된다.

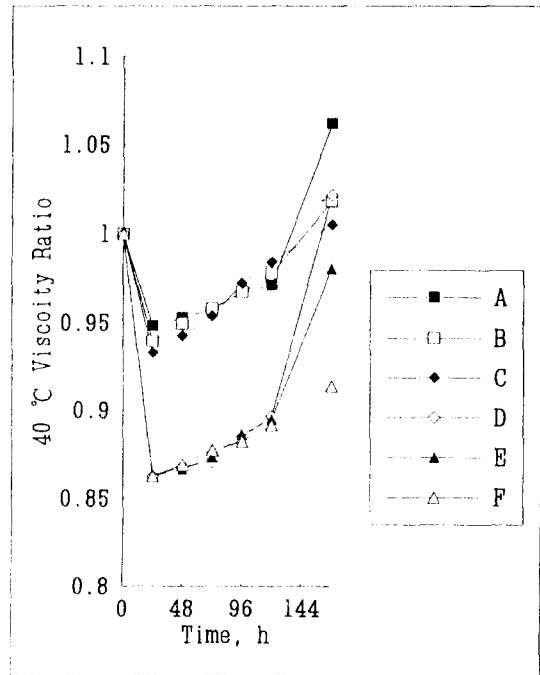


Fig.1 Change in Viscosity(40°C) with Degradation

3.2 산화생성물의 증가

엔진유는 고온고압 그리고 매우 열악한 분위기의 조건하에서 사용되면서 산화되는데, 생성된 산화물질의 일부는 엔진베어링을 부식시키며 또한 증합반응으로 점도를 증가시키기도 하기 때문에 가능한 한 산화를 억제시킬 필요가 있다. Fig.2에 보인 바와 같이 열화에 따라 전산가가 증가되는데 사용한 첨가제의 종류에 따라 약간 다른 증가 형태를 가지고 있다. 특히, 오일A,B,C,D의 경우 72 h 이후에 전산가가 감소되는데 이는 증합반응이 시작되었음을 의미한다.

최종의 전산가 증가치만으로 보면 오일의 성능등급과의 역순으로 산화가 진행된 것으로 보이지만 고성능 오일일수록 첨가제가 산화물질과 반응하여 증합을 억제하고 있는 것이다.

Fig.3은 신유와 열화유에 대한 적외선 흡광스펙트럼의 예이다. 산화생성물(1720 1/cm부근)의 증가와 ZDDP의 소모에 의한 차이(920, 670 1/cm)를 명확히 볼 수 있다.

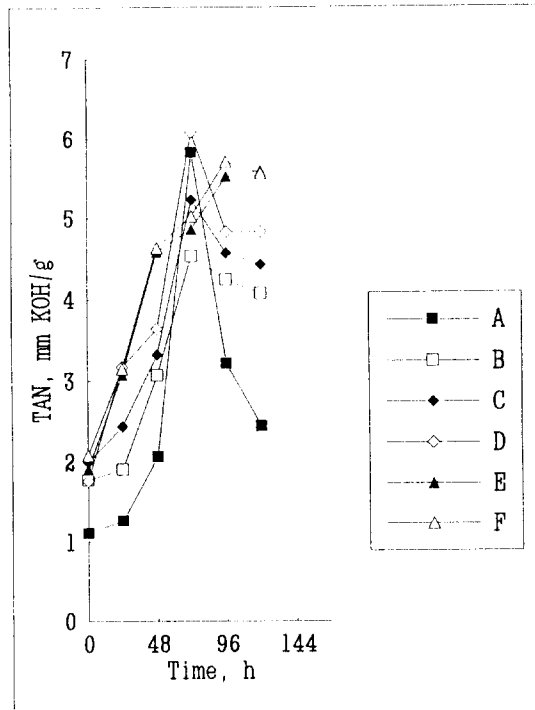


Fig. 2 Change in Total Acid Number with Degradation

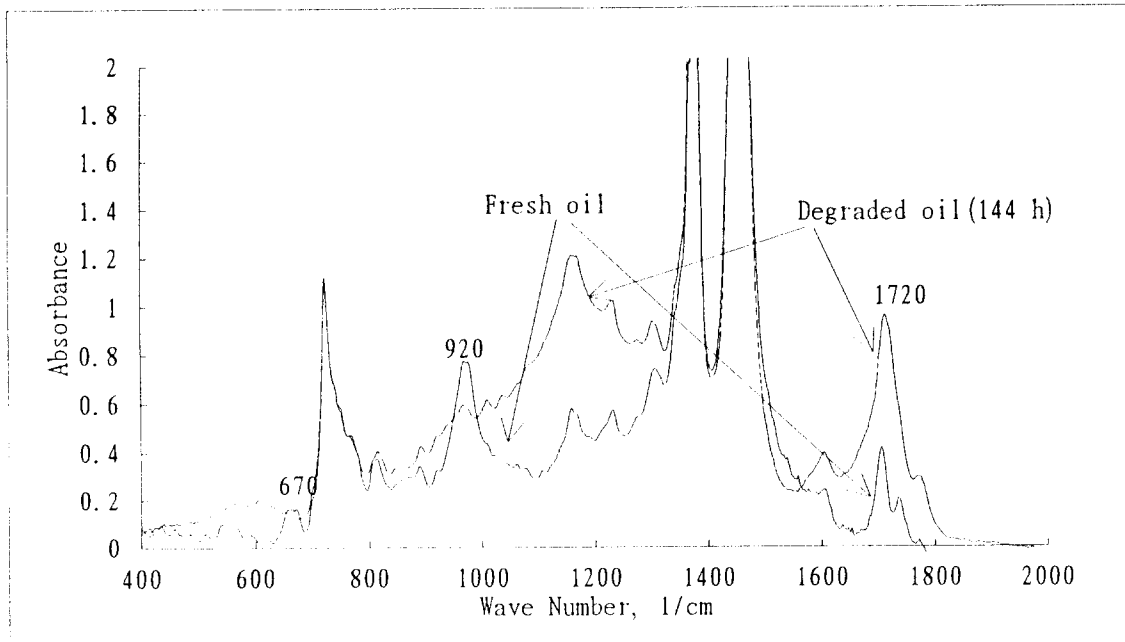


Fig. 3 Change in Infrared Spectra with Degradation (Oil F)

Fig. 4 에 열화에 따른 적외선흡광도의 증가(1720 l/cm) 를 나타낸다. 열화 시간에 비례하여 C=O기에 의한 흡광도가 증가되어 산화가 지속적으로 진행되고 있음을 보여준다.

3.3 첨가제의 소모

엔진유의 산화에 의한 열화를 억제하는 첨가제로 대표적인 첨가제로는 ZDDP가 있으며 우수한 마모방지작용도 가지고 있다. 또한 생성 또는 혼입된 산화물을 중화시키는 청정분산제도 중요한 역할을 한다.

ZDDP의 분해 및 소모는 Fig. 3 에 나타낸 바와 같이 적외선 분석으로 명확히 알 수 있는데, 열화에 따른 P-O-C 및 P=S기에 의한 흡광도의 변화를 Fig. 5 와 6.에 나타낸다. S=P와 P-O-C기에 의한 흡광도가 열화 초기에 급격히 감소되어 ZnDDP의 분해가 급격히 일어지고 있음을 볼 수 있다.

오일의 산증화성을 나타내는 전염기가의 열화에 의한 저하는 Fig. 7 에 보인다. 열화시간에 비례하여 감소되는데, 초기의 감소속도가 비교적 급격

하며, 72 h 이 후에는 2 mm KOH/g 이하까지 감소되어 산증화능력이 거의 없어짐을 알 수 있다.

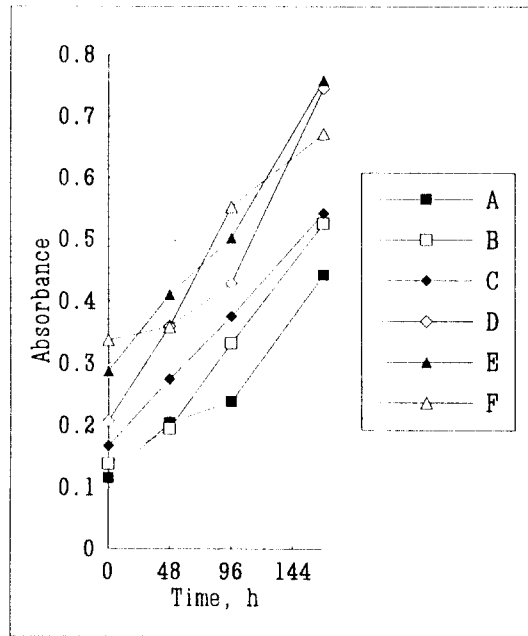


Fig. 4 Change in IR Absorbance(C=O) with Degradation

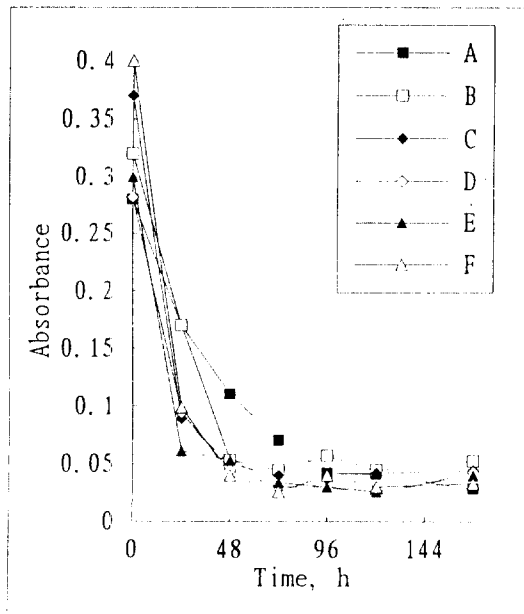


Fig. 5 Change in IR Absorbance (P-O-C) with Degradation

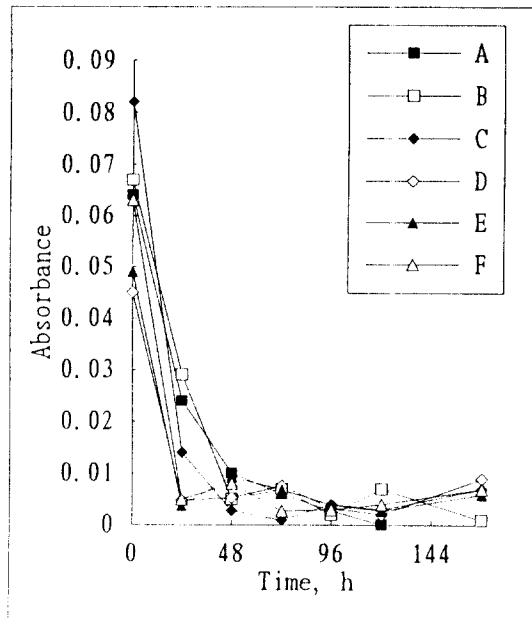


Fig. 6 Change in IR Absorbance (S=P) with Degradation

3.4 슬러지 방지성능의 변화

엔진유는 슬러지의 생성을 억제하고 또한 생성된 슬러지가 엔진내부에 퇴적되지 않도록 설계되지만, 사용중 열화에 따라 성능이 떨어지게 되면 엔진에 여러가지 문제를 일으키게 된다.

Fig.8 에는 열화에 따른 슬러지 방지성능의 저하를 나타낸다. API SG, SH 급인 오일E, F는 열화후에도 우수한 방지성능을 가지나 여타 오일의 성능은 크게 저하되었음을 알 수 있으며 그 저하정도는 API 성능등급의 순서와 일치하고 있다. 이는 첨가제의 투입량이 많을수록 슬러지 억제성능이 우수하다는 것을 의미한다.

3.5 마찰마모 특성의 변화

Fig.9 과 Fig.10에는 열화에 따른 마모량과 마찰계수의 변화를 나타낸다. 마모량 및 마찰계수가 모두 열화 초기에 급격히 감소된 후 일정한 값을 가지는 경향을 보이고 있다. 이는 마

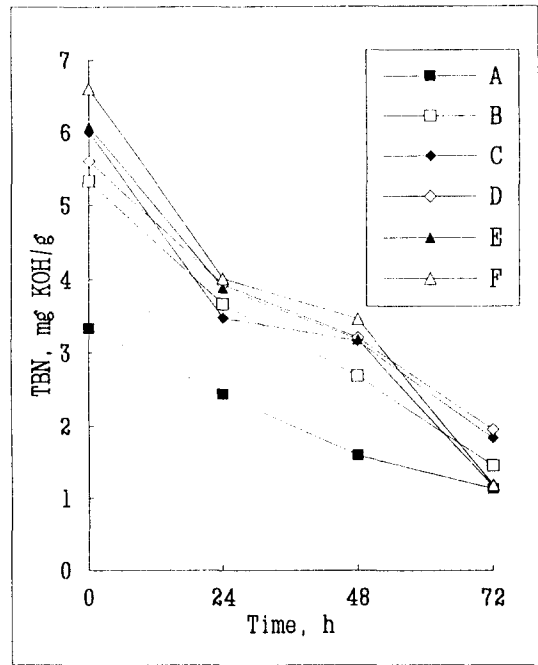


Fig. 7 Change in Total Base Number with Degradation (ASTM D 2896)

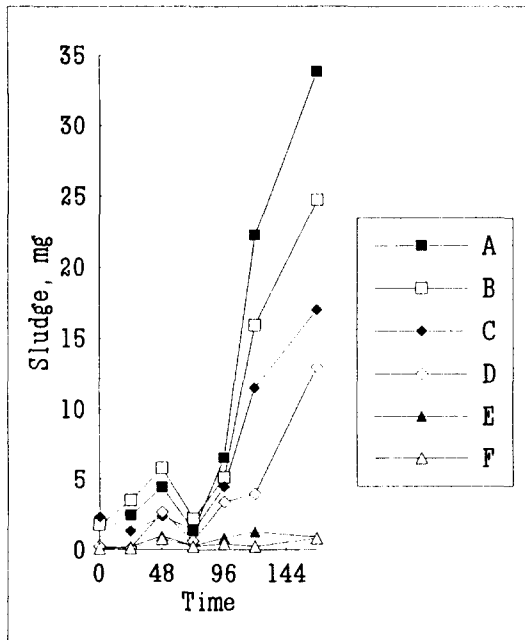


Fig. 8 Change in Sludge production with degradation

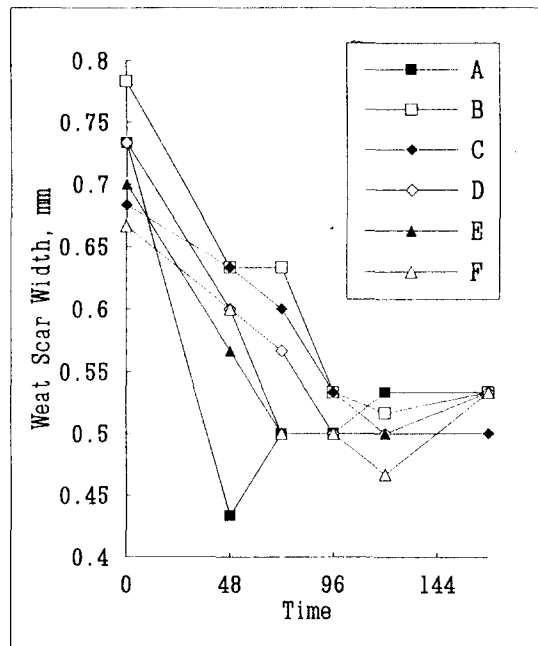


Fig 9. Change in Wear Amount with Degradation

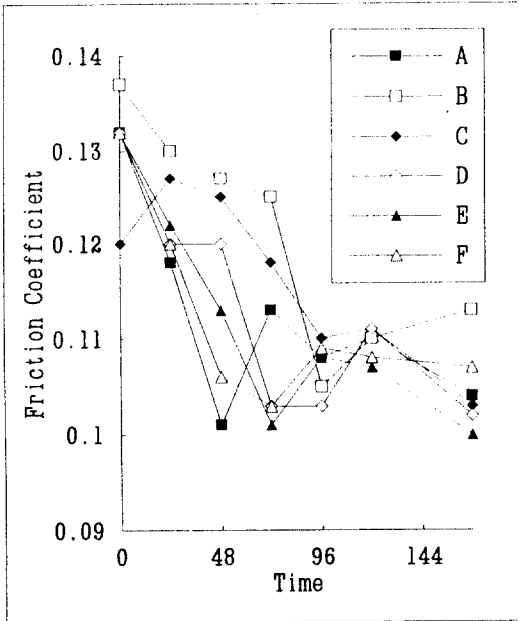


Fig 10. Change in Friction Coefficient with Degradation

모방지제로서 첨가되는 ZDDP 가 분해되어 생성되는 물질이 우수한 마모방지 성능 및 마찰특성을 가지고 있는 것과 산화생성물 중에는 우수한 마찰특성을 가지는 것들이 일부 존재하기 때문이다[2].

4. 결론

성능등급이 다른 가솔린엔진유에 대한 열화시험 결과, 시료유간에 명확한 성능차이가 존재함을 알았다. 슬릿지 방지성능과 산화안정성에서의 성능차이가 크게 나타났으며, 마찰마모 특성에서는 차이를 발견하기 어려웠다.

참고문헌

1. 당사 미공개 Data.
2. W.S.Moon, Wear, 139(1990)351-365.