

## 필드조건, 엔진오일의 종류에 따른 오일성능 분석

김영환 · 송준희 · 김한주<sup>†</sup>

전북대학교 대학원 융합기술공학과

(2017년 7월 24일 접수, 2017년 8월 25일 수정, 2017년 8월 29일 채택)

## Analysis of Oil Performance by Different Type of Engine Oil In the Field

Young Whan Kim, Jun Hee Song, and Han Joo Kim

Graduate School, Dept. of Convergence Technology Engineering, ChonBuk University

(Received 24 July 2017, Revised 25 August 2017, Accepted 29 August 2017)

### 요 약

자동차 엔진오일은 엔진 시동 시 가장 중요한 윤활제이다. 최근 자동차 회사와 윤활유 제조업체들은 교환주기를 연장하기 위해 첨가제를 사용하여 오일의 품질을 상당히 개선하고 있다. 대부분의 고객은 자동차 제작사의 정품오일을 사용하거나 전문가의 추천을 받아 사용한다. 본 논문을 통해 소비자가 고효율 윤활유를 선택하는 또 다른 기준점을 제안한다. 본 논문은 7개월 동안 실제 자동차의 운전 조건을 고려하여 오일의 6가지 화합물을 조사 비교 분석하였다. 물리적, 화학적 관점에서 실험을 수행했다. 현장에서 다양한 실험을 통해 광유와 합성유 화합물은 산화, 점도, 유동성 및 TBN에서 크게 구분된다. 이들은 엔진 부품 피스톤, 베어링 등의 마모에 영향을 준다. 다양한 오일을 비교하였을 때 인화점, 산화 안정성에서 합성유의 성능이 좋고 오염 물질인 Fe와 Al 화합물의 변화가 적은 것으로 나타났다. 오일의 첨가제는 광유와 합성유에서 청정분산제 Ca가 확연한 차이를 나타냈다. 극압제 Zn과 윤활 향상제 P는 유사하였다.

**주요어 :** 자동차 엔진오일, 광유, 합성유

Abstract - Automobile engine oil is the most important lubricant for operating as the engine is started. Recently, manufacturers of the automotive industry and lubricants are considerably improving the quality of oil with additive to extend change cycle period. Most customers are recommended genuine oil among different types from shop expert. Through this report we suggest another reference point for consumer to pick highly efficient lubricant. This report is investigated oil compounds to compare with 6 different automotive considering actual running condition for 7 months. we conducted experiment from physical and chemical perspectives. In the field, through various experiments oil compounds between mineral oil and synthetic oil are largely distinguished in oxidation, viscosity, fluid and TBN. These are influenced by engine part wear as piston, bearing etc. Comparing various investigation with different oil the performance of synthetic oil is shown better condition in flash point, oxidation stability and also found less in change pollutant iron, Al compounds. Additives of oil show clear difference Ca level in detergent-dispersant both mineral oil and synthetic oil. And Zn in extreme pressure additives and P in Lubricity improver make no difference to both.

**Key words :** Automobile engine oil, mineral oil, synthetic oil

<sup>†</sup>To whom corresponding should be addressed.

Tel : +82-63-472-2897 E-mail : khanjoo@jbnu.ac.kr

## 1. 서론

오늘날 자동차는 우리의 생활에서 없어서는 안되는 필수품이 되었다. 자동차는 각 요소 및 모듈 단위로 지속적인 발전이 이루어져 과거에 비해 고성능화 되어졌다. 또한 환경적 측면에서 자동차가 많은 규제를 받아왔기 때문에 엔진의 성능이 더불어 향상되었다. 이 같은 진보된 엔진에 대응하여 엔진오일과 첨가제가 지속적으로 개발되어 성능이 증가되고 있다. 엔진오일은 자동차의 다양한 운전 조건에서 엔진의 효과를 극대화하기 위해 여러가지 물리, 화학적 특성이 요구된다. 점도, 인화점, 산가, 전염기가 등이 엔진의 종류 및 조건에 부합되어야 한다. 따라서 이러한 특성들을 만족시키기 위하여 산화방지제, 점도지수 향상제, 내마모 첨가제, 청정 분산제등의 많은 첨가제가 사용되어왔다 (1). 엔진오일은 자동차의 주행거리가 증가함에 따라 성능이 떨어지게 된다.

직접적인 요인은 엔진의 연소과정에서 발생하는 열에 의한 오일의 열화, 엔진의 마모 입자, 불완전 연소에 의한 연료회석, 산화, 점도변화 등으로 알려져 있다. 이러한 성능 저하 때문에 자동차는 일정시간이 지나면 엔진오일을 교환해야 한다. 교환주기에 있어서 자동차 주행거리 10,000km 이내의 엔진오일은 성능 변화가 적다는 연구 결과도 있다(2). 엔진오일은 원유에서 나오는 기유에 각종 첨가제를 혼합하여 제작하며 크게 광유와 합성유로 분류 된다. 기유는 5 그룹으로 나누는데, 1그룹에서 3그룹까지는 광유에 해당 되고, 4그룹, 5그룹은 합성유의 기유 이다. 최근에는 3그룹도 합성유로 표기한다. 엔진오일 제조사들은 이 다섯 가지 그룹의 기유에서 각종 첨가제를 혼합하여 오일을 만들고 있다. 이러한 오일들은 제조사들만의 사내 기밀이라는 이유로 소비자들은 어떤 오일이 어떤 성능을 갖는지 알 수가 없는 상황이다. 오일의 좋고 나쁨을 구분 할 수 없는 소비자들은 정비업소의 추천을 받거나 순정품의 오일을 사용하고 있는 것으로 조사되고 있다(3). 광유계 엔진오일과 합성유계 엔진오일의 성능이 산화 안정성, 마찰마모 시험에서 합성유가 우수하다는 것을 제시한 논문도 있다(4). 수많은 종류의 엔진오일 중에서 소비자들은 어떻게 얼마나 좋은지 모르는 상황이고, 엔진오일 제조업체들의 정보만으로 성능을 파악하기는 어렵다. 본 연구에서는 엔진오일을 가격, 광유, 합성유로 구분하고, 각각의 엔진오일에 대한 일정거리의 주행 후 샘플을 채취하여 신유와 함께

오일의 성분을 분석하였다. 분석의 인자는 점도, 인화점, 전염기가, 금속 함유량을 대상으로 조사 하였다. 오일의 샘플은 차종, 제조년식, 주행거리, 엔진의 성능을 기준하지 않고 디젤차종의 유사 사용거리를 중심으로 오일의 성능 변화를 알아보았다.

## 2. 시험방법 및 내용

### 2.1 성능 분석 엔진오일

엔진오일은 국내, 수입 모두 사용하였다. 본 연구는 자동차 정비업소인 (유)하이엔진에서 차량의 오일을 7개월간 채취하여 실험하였다. 오일 샘플을 채취한 차량은 정비업소의 정비 이력을 확인하여 해당 오일만을 주기적으로 교환한 차량을 선택하여 오일교환 때 발생되어지는 잔유 혼입을 방지 하였다. 신유와 오일교환 후 일정 기간 사용 되어진 오일을 비교하여 오일성능 분석을 하였다. NO. 1오일은 광유에 해당 되며 SAE. 10W 30인데 리터당 3,000원의 저가형 오일이다.

SD 차량 디젤엔진에 사용하여 10,000km를 주행 하였다. No. 2 오일은 광유이며 SAE. 10W40으로 리터당 5,000원의 오일이다. MD 차량 디젤엔진에 사용하여 13,000km를 주행 하였다. No. 3 오일은 합성유 계열의 오일 SAE. 5W30 으로 리터당 16,000원의 오일이다. KD차량 디젤엔진에 사용하여 11,000km를 주행 하였다. No. 4 오일은 합성 유 계열의 오일 SAE. 5W30으로 리터 당 20,000 원 오일이다. PD차량 디젤엔진에 사용하여 10,300km를 주행하였다. No. 5오일은 합성유 계열의 오일 SAE. 5W30으로 리터당 22,000원 하는 고가형 오일이다. SoD차량 디젤엔진에 사용하여 13,000km를 주행 하였다. Table 1은 실험에 사용 되어진 오일의 종류와 사용되어진 차종, 주행 거리를 나타내었다.

**Table 1.** Oil type and Mileage.

No.	Car	Fuel Type	Mileage (km)	Oil. SAE	Oil. Type	Price/L (Won)
1	SD	diesel	10,000	10W30	M	3,000
2	MD	diesel	13,000	10W40	M	5,000
3	KD	diesel	11,000	5W30	S	16,000
4	PD	diesel	10,300	5W30	S	20,000
5	SoD	diesel	13,000	5W30	S	22,000

M: Mineral oil , S: Synthetic oil

## 2.2 시험방법

필드에서 운행중인 승용차를 선정, 주행거리별로 엔진오일을 교환하여 일정기간 주행한 오일 샘플을 채취하여 신유와 비교분석을 수행하였다. 성능평가 인자는 인화점, 점도변화, 전염기가, 100℃ 동점도로서 화학적 성질을 알아보았다. 오일의 기계적 성질의 변화를 조사하기 위하여 오일내 함유된 금속성분의 함유량을 측정하였다. 측정된 금속성분은 엔진오일의 첨가제에서 금압제로 사용되는 Zn, 청정분산제 Ca, 윤활성 향상제 P이다. 이들의 첨가제 함유량은 신유와 사용 후 비교하였을때 변화량이 적다는 연구발표 된바있다(5). 본 연구에서는 광유와 합성유의 차이점을 관찰하고자 함유량을 측정하였다. 또한 자동차 부품의 주성분인 Fe, Al, Cu(6) 함유량 변화를 신유와 일정기간 주행한 오일을 비교 평가하였다.

## 2.3 시험장비

인화점의 변화를 관찰하기 위하여 프랑스 ISL sas사의 COC 인화점 시험기(FP925G2)를 사용 하였다. 점도지수 변화와 동점도를 측정하기 위하여 Walter Herzog GmbH사의 자동동점도계 (HVM 472)를 사용하였다. 전염기가의 측정을 위하여 일본의 KEM사 장비(EBU-610-20B)를 사용하였다. 금속성분의 분석은 미국의 Perkinelmer사 OPTIMA 8300으로 Ca, P, Zn, Fe의 함유량 분석을 하고, 영국의 Thermoelemental사 X series로 Al, Cu의 원소를 분석을 하였다. Fig. 1은 시험에 사용되어진 장비들을 나타내었다.



Fig. 1. Instrument for test

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 오일의 화학적 성질의 변화

인화점의 거동을 알아보기 위하여 COC시험기로 실험한 결과 인화점은 광유와 합성유로 크게 대별되어 변화되었다. 광유의 엔진오일에서는 인화점이 높아지고 합성유 엔진오일은 인화점이 내려갔다. No. 1 SD차량의 오일은 사용 전 222℃에서 사용 후 238℃로 인화점이 16℃ 상승하였고 No. 2 MD차량의 오일은 226℃에서 228℃로 2℃가 상승되었다. 합성유 계열의 No. 3 KD차량의 오일은 사용 전 218℃에서 사용 후 206℃로 12℃가 내려가는 것을 볼 수 있다. No. 4 PD차량의 오일은 226℃에서 214℃로 12℃, No. 5 SoD차량의 오일은 222℃에서 218℃로 4℃가 내려갔다. 이러한 인화점의 변화는 광유와 합성유로 구분하여 볼 때 엔진의 불완전 연소된 연료혼입과 저비점 물질의 휘발로 저하된 것으로 판단된다. 인화점의 변화는 광유와 합성유에 따라 확연하게 다른 거동을 한 것이 특색이다. 그리고 인화점의 상승원인은 차량의 운행으로 엔진오일이 고온 분위기에 놓이므로 오일의 저비점 원소들이 착화되면서 인화점을 증가시키는 역할을 한 것으로 여겨진다. Fig. 2는 인화점의 변화량을 보여주고 있다.

Fig. 3은 점도지수의 변화량을 나타낸 것이다.

점도지수는 고가형 보다 저가형 광유에서 변화량이 작았다. No. 1 SD차량의 오일은 점도지수 151에서 150, No. 2 MD차량의 오일은 162에서 158로 변화를 보여주었고, 합성유 계열의 No. 3 KD차량의 오일은 176에서 173으로, No. 4 PD차량의 오일은 166에서 157로, No. 5 SoD차량의 오일은 164에서 160으로 변

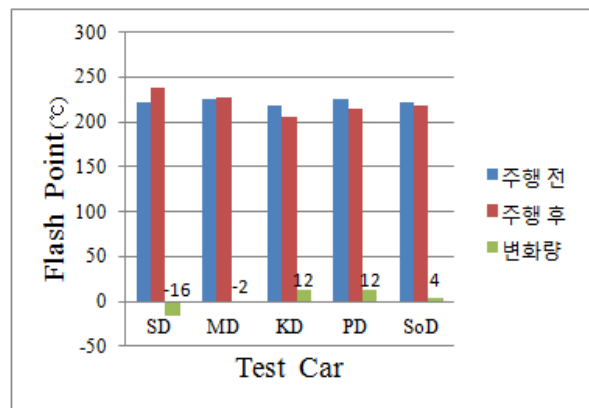


Fig. 2. Transition of flash point

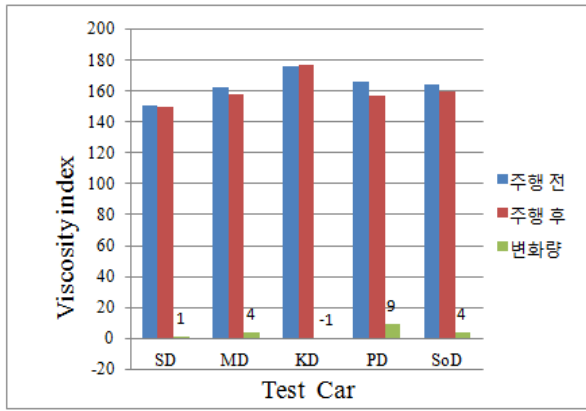


Fig. 3. Transition of viscosity index

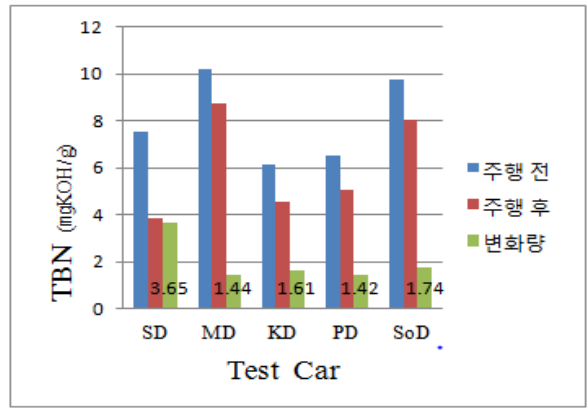


Fig. 5. Transition of TBN

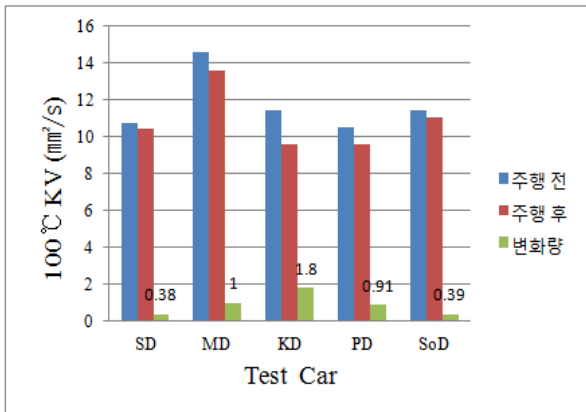


Fig. 4. Transition of 100 °C KV

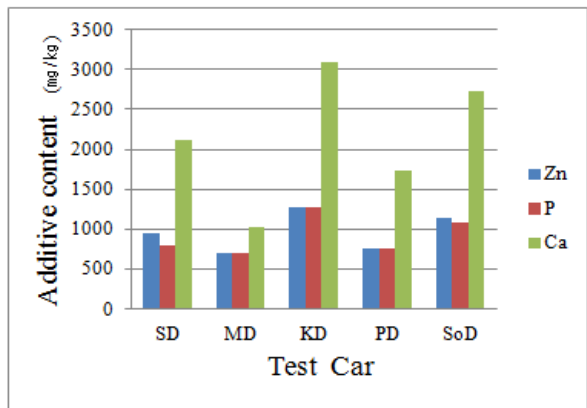


Fig. 6. Additive content

화되어 점도지수의 변화는 크지 않았다. Fig. 4는 100 °C 동점도 변화를 나타낸 그래프이다. 100 °C 동점도 변화에서는 No. 1 SD차량의 오일은 10.78mm<sup>2</sup>/s에서 10.40mm<sup>2</sup>/s로 변화하였다. No. 2 MD차량의 오일은 14.61mm<sup>2</sup>/s에서 13.61mm<sup>2</sup>/s로 변화하였고, No. 3 KD차량의 오일은 11.40mm<sup>2</sup>/s에서 9.62mm<sup>2</sup>/s로 변화하였다. No. 4 PD차량의 오일은 10.51mm<sup>2</sup>/s에서 9.57mm<sup>2</sup>/s로 변화하고, No. 5 SoD차량의 오일은 11.42mm<sup>2</sup>/s에서 11.03mm<sup>2</sup>/s로 변화하는 거동을 볼 수 있었다. 점도지수와 100 °C 동점도의 변화는 주행 전후에 차이가 크지 않음을 알았다. 전염기가의 변화를 구하여 산화 안정성의 영향을 나타낸 것이 Fig. 5이다. 전염기가의 감소는 산화에 의한 첨가제 소모를 의미하므로 감소폭이 작은 오일이 좋은 오일이라 할 수 있다. 저가형 광유 오일인 No. 1 SD차량의 오일이 가장 크게 변화하였다. 전염기가 7.53mgKOH/g에서 3.88mgKOH/g의 변화로 3.65mgKOH/g의 변화량을 나타내었다. No. 2 MD

차량의 오일은 10.18mgKOH/g에서 8.74mgKOH/g로 1.44mgKOH/g의 변화량을 보여주었고, No. 3 KD차량의 오일은 6.15mgKOH/g에서 4.54mgKOH/g로 1.61mgKOH/g의 변화량을 나타내었다. No. 4 PD차량의 오일은 6.5mgKOH/g에서 5.08mgKOH/g로 1.42mgKOH/g의 변화량을 나타내었고, No. 5 SoD차량의 오일은 9.77mgKOH/g에서 8.03mgKOH/g으로 1.74mgKOH/g의 변화량을 나타내었다. 일반적으로 합성유계 열의 오일에서 변화량이 비슷하였고 산화 안정성이 광유에 비하여 좋음을 알 수 있었다. Fig. 6은 첨가제의 함유량을 보여주고 있다. 오일 첨가제 함유량에서는 광유와 합성유로 비교할 수 있었다. 광유계 오일에서는 청정분산제 Ca가 합성유에 비해 적게 함유되어 있었다. Ca가 No. 1 SD차량의 오일은 2108mg/kg이 함유되어 있었고, No. 2 MD차량의 오일은 1024mg/kg, No. 3 KD차량의 오일은 3083mg/kg, No. 4 PD차량의 오일은 1739mg/kg, No. 5 SoD차량의 오일은 2726mg/

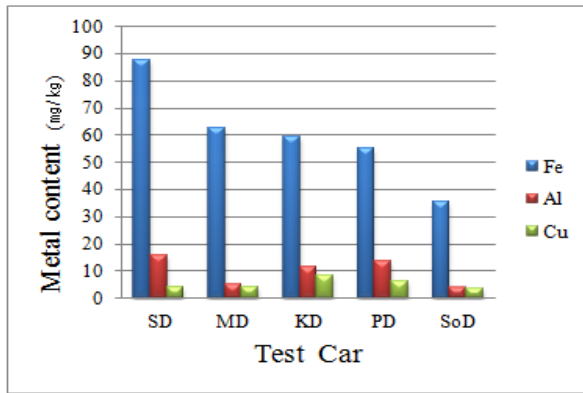


Fig. 7. Transition of metal content

kg이 함유되어 있었다. 극압제 Zn과 윤활성 향상제 P는 광유, 합성유 모두 큰 차이를 보이지 않았으나 청정분산제 Ca 함유량은 차이가 많았다.

Fig. 7은 금속 성분의 함유량에 대한 변화를 보여주고 있다. 시험에 사용된 모든 차량의 신유 오일에 있어서 금속 성분은 검출되지 않았다. 엔진오일을 교환하여 일정기간 주행한 오일 샘플에서 금속 성분의 함유량을 분석하였다. No. 1 SD차량의 오일에서 Fe성분이 87.6mg/kg으로 가장 많이 함유되어 변화되는 것을 알 수 있었다. No. 2 MD차량의 오일은 62.8mg/kg, No.3 KD차량의 오일은 59.6mg/kg, No. 4 PD차량의 오일은 55.1mg/kg, No. 5 SoD차량의 오일은 35.3 mg/kg의 함량이 검출 되었다. No. 5 SoD차량의 오일은 가장 적은 Fe가 함유되는 것으로 나타났다. Al과 Cu는 모든 차량의 오일에서 소량으로 검출되면서 큰 차이를 보이지 않았다. 금속 성분 함유량 변화에서 광유보다 합성유 오일에서 금속의 검출량이 적어 합성유 계열의 오일이 금속의 마모가 적다는 것을 알 수 있었다.

## 5. 결론

본 연구에서는 필드에서의 사용조건을 고려하여 엔진오일을 저 가형 광유와 고 가형 합성유로 구분하고 종류에 따른 오일의 성분을 조사 분석하였으며, 오일 교환 후 변화 되어지는 오일의 점도, 인화점, 전염기가, 100℃ 동점도의 화학적 변화를 분석하고 기계적 성질의 변화를 관찰하기 위하여 금속 성분의 함유량 변화를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 엔진오일의 화학적 변화에서는 광유의 오일은 전염기가, 인화점의 변화가 크고, 합성유는 화학적 변화가 적었다.
2. 엔진오일의 기계적 성질의 변화에서는 저가형 광유 No. 1 SD차량의 오일에서 Fe성분이 87.6mg/kg으로 가장 많이 함유되었고, 고가형 합성유 No. 5 SoD차량의 오일에서 35.3 mg/kg의 함유량으로 적게 검출 되었다.
3. 오일의 첨가제는 광유와 합성유에서 청정분산제 Ca가 차이를 보였고, 극압제 Zn과 윤활성 향상제 P함유량은 유사 하였다.
4. 고가형 합성유를 사용하였을 때 금속 함유량 변화의 결과로 보아 엔진의 마모가 적다는 것을 알 수 있었다.
5. 엔진오일은 저가형 광유와 고가형 합성유로 구분하여 첨가제 함유량과 금속성분 함유량 변화로 보았을 때 오일의 성능 면에서 고 가형 합성유가 우수함을 보였다.

## 후 기

This paper was supported by grant from the Korean Ministry of Education, Science and Technology (MEST) through the National Research Foundation (NRF) (Project no. 2017-R1C1B2011968).

## References

1. Kim, S., Kang, H. K., Lim, T. Y., Kwon, J. S., Kim, J. G., Choi, D. S., Kim, D. K. and Jung, C. S., 2009, A Study on Lubrication Characteristics of Automotive Engine Oil Merchandised in Domestic, J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng., Vol. 25, No. 6, pp. 432-437.
2. Lee, J. M., Lim, Y. K., Jung, C. S., Han, K. W., Na, B. K., 2013, The study on performance of characteristics in engine oil by vehicle driving, Journal of Energy Engineering, Vol. 22, No. 2, pp. 237-244.
3. 2016.02, <http://www.sobo112.or.kr>
4. Prak, M. S., Cho, W. O., Han, D. H., Kang, S. C. and Kim, J. H., 1994. 3, A Study of Chemical

- and Mechanical Properties of the Mineral and Synthetic Oil Added with Two Different Zn - DTPs, J. Korean Soc. Tribol. Lubr. Eng., Vol. 10, No. 1, pp.78-87.
5. Lim, Y. K., Kim, Y. E., Jung, C.S., Lee, J. M., and Han , K. W., 2012. 10, Analysis of Metal Component in Engine Oil by Vehicle Driving, The Korean Soceity Of Tribologists And Lubri-cation Engineers, pp. 171-173.
  6. Lee, B. K., Shim, J. H., Kim , C. K., 2009. 06, A Study on the Engine Oil Characteristics of an Automotive Depending on a Mileage, The Korean Soceity Of Tribologists And Lubri-cation Engi-neers, pp. 190-196.