

## 가솔린과 LPG 엔진오일의 사용에 따른 물리적, 화학적 성질의 변화에 관한 연구

강석춘\* · 신성철\*\* · 김동길\*\* · 노장섭\*\*

\*공군사관학교, \*\*한국석유품질검사소

### A Study of the Changes in Physical and Chemical Properties of Oil Used in Gasoline and LPG Engine

Suck-Choon Kang\*, Sung-Chul Shin\*\*, Dong-Dil Kim\*\* and Jang-Sup Rho\*\*

\*Korea Air Force Academy

\*\*Korea Petroleum Quality Inspection Institute

**Abstract**—This study is concerned with the change of physical and chemical properties of the used oil in gasoline and LPG engine. The used oils of engine were sampled from dynamometer and cars. The field tests of car were done in city and on highway. The properties of oil were TAN, TBN, viscosity, oxidation, ZDTP depletion factor and etc. Also the relation between the chemical change and antiwear property was studied. From the study, it was shown that the decrease of antiwear property of used oil was depended on the changes of ZDTP depletion factor as well as TAN (total acid number). Also, it was found that the oil used by LPG car was deteriorated within the shortest distance among the other gasoline cars. The antiwear property of oil decreased as the running distance increased. The gasoline engine oil drove mainly on highway was the least deteriorate of properties for the same running distance.

### 1. 서 론

최근에 자가소유 차량의 급격한 증가에 따라 차량 관리중에서, 적절한 주기로 오일을 교환해 주는것은 엔진의 성능을 최대로 유지하고 고장의 예방과 수명의 증대 또는 에너지 절약이나 환경공해 등의 측면에서 매우 중요한 문제로 대두되고 있다.

그러나 국내의 자동차나 오일의 제조업체에서 적절한 연구에 의한 기술적인 지도가 없는 현재에 자원의 낭비나 차량의 유지 및 보수 등의 불필요한 관리비용이 크게 증가하게 됨으로써 개인은 물론 국가적으로 손실이 막대하게 될 것이다.

따라서 국내 차량의 주행 조건에 따른 엔진오일의 최적 교환 주행거리 설정에 관한 충분한 연구와 그 결과들의 홍보가 필요한 실정이다.

최근 차량 등의 오일을 관계하고있는 기관에서는 외국문헌에 의한 자료들을 제시하고 국내교육 등에 참고자료로 활용하고 있지만[1-4] 여기에서는 단순한

결과만의 제시로써 차량 소유자의 이해에는 크게 이바지하지 못하고 있다. 또 그동안 엔진오일에 관한 연구는 주로 오일의 소모와 그에 미치는 영향에 관한 내용이 많았고[5-8] 기계적인 관점에서는 윤활된 마찰에서 재료의 마모 메카니즘과 마모입자와 금속 함유농도의 분석에 의한 고장 탐지 및 예방에 관심을 집중시켜 왔다[9-14].

그러나 사용중인 오일에 대한 열화정도의 판단이나 교환기준은 실제로 오일의 가장 중요한 기능인 운동 부품의 마찰과 마모특성에 관련하여 연구되어야 한다.

아직까지 차량의 주행조건과 거리에 따른 엔진 오일의 열화와 기계적 마모에 관련하여 발표된 연구는 별로 없었다.

따라서 본 연구에서는 엔진오일과 차량의 주행 조건에 따른 오일의 열화로써 기계적 영향에 관한 논문 [15]의 연장으로써 물리,화학적 변화에 관하여 동력계와 실차(가솔린 & LPG엔진) 시험을 중심으로 연구를 수행하였다.

Table 1. 시험유 성분분석의 결과

(ppm)

오일의 종류	Fe	Al	Cr	Mg	Na	Ni	Pb	Si	Mo
A오일	1.5	0.5	1.5	42.5	10	0.5	2.5	3.5	0.5
B오일	1.5	0.5	2.0	12.5	20.5	0.5	3.5	0	0

## 2. 엔진오일의 시험과 절차

### 2-1. 사용유 시험 및 채취 방법

엔진오일의 사용유 분석에 사용된 엔진오일은 시판중인 SG급인 A, B의 두개 회사제품(15W30)으로 선정하고 AES(atomic emission spectroscopy)에 의한 금속의 성분을 분석한 자료는 Table 1과 같다.

시험오일은 현재 사용중인 오일을 2시간 이상 빼낸 후에 시험 오일을 오일 함량 표시 게이지의 최대점 위치에 도달되도록 정량하여 주입하고 처음 작동인 길들이기 과정에서는 10시간마다, 그 다음 동력계 시험부터는 20시간마다, 그리고 실차 시험에서는 1,000±30 km씩 주행을 한 후 사용유를 엔진에서 40cc 샘플링하여 오일의 성질변화에 관한 시험과 분석을 하도록 하였다.

사용오일의 샘플 채취는 다음의 절차에 따르도록 하였다.

1. 샘플은 엔진 작동정지 후 10분 후에 채취한다.
2. 오일의 채취 위치는 게이지의 표시된 부분에서 2 cm 아래 위치를 유지하였다.

### 2-2. 동력계 시험(탁상 시험)의 절차와 방법

동력계 시험용 엔진의 재원과 시험의 작동 조건은 다음과 같다.

#### (1) 재원

엔진배기량: 1.5 l

연료분사방법: 다기관 연료 분사식(MPI)

제조회사: 현대자동차

사용정도: 신 조립품

#### (2) 작동조건

엔진회전수: 2,000 rpm

냉각수 출구온도: 85~95°C

오일팬 온도: 115~120°C

엔진토크: 40N<sub>m</sub>

엔진출력: 약 27 kw

연료소비율: 100~110 sec/100 ml

엔진오일주입량: 3.5 l

새 엔진을 구입하여 작동에 이상이 없는지 점검하고

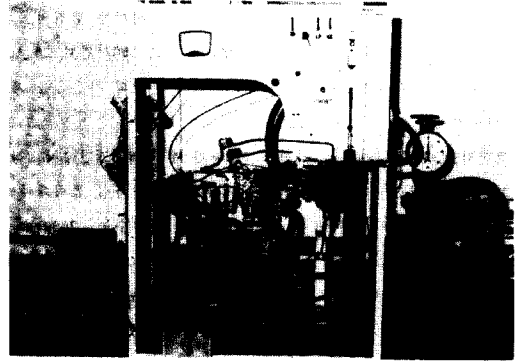


Fig. 1. Photograph of engine test bed with dynamometer.

엔진 동력계를 부착한 후 필요한 측정 센서들을 부착하였고 실험의 사진은 Fig. 1과 같다.

엔진 동력계 시험은 먼저 A사의 오일로 길들이기를 위하여 100시간을 시험하고, 그 다음에 A와 B사 오일에 대하여 200시간을 시험하여 각각의 사용유를 채취하고 분석하였다.

엔진작동 방법은 시동 후 엔진을 2~3분간 무 부하 조건에서 공회전 시키다가 서서히 회전수를 3,000 rpm 정도로 높인 다음에 수차식 동력계에 물을 공급하고 수압과 유량을 조정하면서 토크는 40 N<sub>m</sub>로 그리고 회전수는 2,000 rpm이 되도록 하였다.

### 2-3. 실차주행시험의 방법과 조건

실차 주행시험에 사용된 차량은 모두 1500 cc급으로 액셀과 프레스토승용차와 LPG 택시(개인용)를 이용하고, 엑셀은 120,000 km에서 프레스토는 70,000 km 그리고 LPG 택시는 80,000 km를 주행한 상태에서 시험을 시작하였다.

주행조건에 영향을 살펴보기 위하여 엑셀 승용차는 고속도로를 주로 주행하고, 프레스토승용차와 택시는 시내만을 주행하도록 하였으며, 각 차량에 A사와 B사 오일의 순서로 각각 주행시험을 실시하였다.

한 종류의 시험 오일에 대해 가능한 동질성을 갖도록 하기 위하여 시험용 오일들을 큰 통에 모두 쏟아 부은 후에 잘 섞은 다음 다시 4 l통에 나누어 넣고

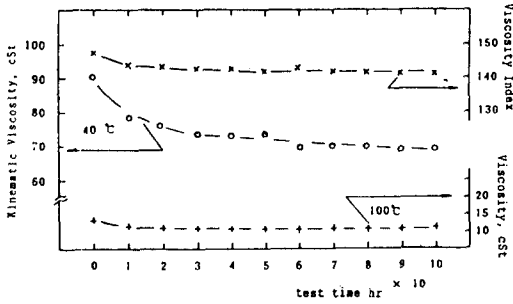


Fig. 2. Kinematic viscosity and viscosity index for used oil by bench test.

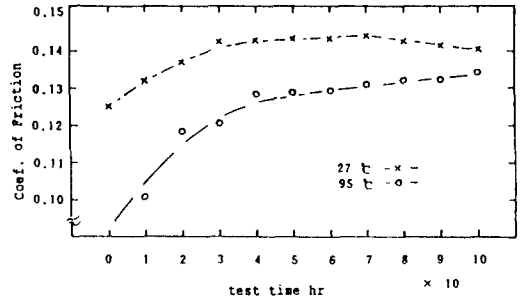


Fig. 5. Change of the friction coefficient for used oil.

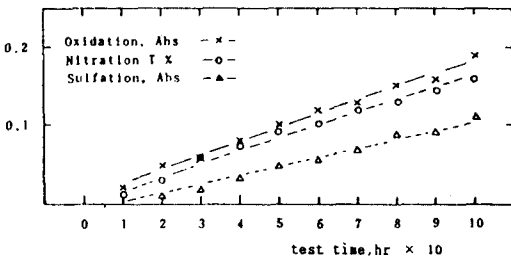


Fig. 3. Change of chemical properties for used oil during bench test.

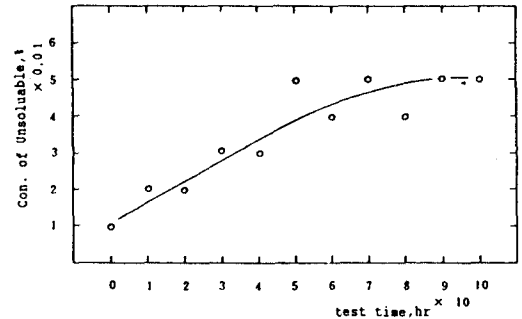


Fig. 6. Concentration of pentan unsoluble in used oil.

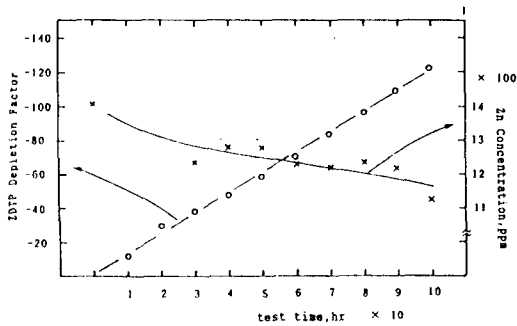


Fig. 4. Change of the ZDTP depletion factor and Zn concentration for used oil.

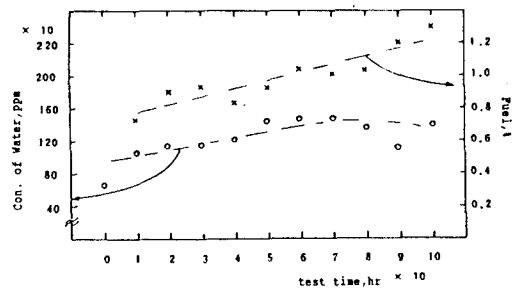


Fig. 7. Concentration of fuel and water in used oil.

각 시험에 사용하였다.

#### 2-4. 4-Ball 마찰시험

오일의 기계적 물성시험을 위해 Cameron-Plint사의 4-ball 시험기로 마찰시험을 실시하였다. 시험은 ASTM D2266을 표준시험으로 하였고 그 조건은 다음과 같다.

회전수 : 1200 ± 5 rpm

오일의 온도 : 75 ± 2°C

하중 : 40 kgf

시험시간 : 60분

시험용 볼 : SKF사의 표준 볼베어링

### 3. 결과와 고찰

#### 3-1. 초기 동력계시험에서 엔진 오일의 물성 변화

3-1-1. 사용유에 대한 물리적, 화학적성질의 변화  
새 엔진의 초기작동(걸들이기과정)에서 전반적인 오일의 물성변화를 조사하기 위하여 먼저 사용유의 점도변화를 살펴보았다.

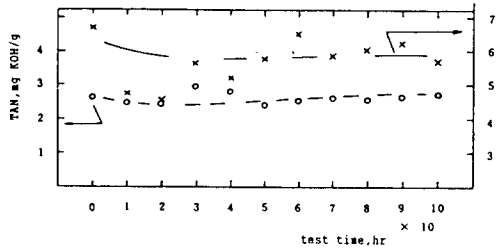


Fig. 8. Change of TAN and TBN in used oil during test.

시험 오일의 40°C와 100°C에서의 동점도의 변화는 Fig. 2와 같이 시험 시간이 증가함에 따라 감소하였다. 40°C에서 점도는 초기에 많이 감소하였으나 60시간 이후에는 거의 변화가 없이 일정하게 유지되고 있고 100°C의 점도에서는 10~20시간 동안 사용한 오일은 약간만 감소한 후 같은 수준을 유지하고 있음을 보여준다. 또 점도지수에서도 초기를 제외하고 일정한 값을 가짐으로써 엔진이 가혹하게 작동하지 않을 경우에 특히 새 엔진인 경우에는 점도의 감소가 매우 완만하게 일어나고 있음을 알 수 있다.

오일의 화학적 변화를 나타내는 사용유의 산화도(oxidation), 질화(nitration)와 황화(sulfation)의 변화 정도가 Fig. 3에 제시되었고 오일 사용시간의 증가에 따라 선형적으로 증가하고 있음을 보여주고 있다. 내마모 첨가제로 첨가된 ZDTP분자의 화학적 분해 정도를 나타내는 ZDTP의 고갈인자(depletion factor)의 감소는 Fig. 4에서와 같고 여기에서는 오일속에 함유된 Zn농도의 감소경향과 일치하지는 않으나 상관성이 있음을 알 수 있다.

Fig. 5는 사용유의 마찰계수를 측정하여 변화를 나타낸 것으로서 점도감소에 의한 원인에 지배를 받고 있는 것으로 판단된다. 펜탄 불용분의 함유량은 사용시간의 증가에 따라 Fig. 6에서와 같이 작동 초기에는 증가하지만 50시간 사용 이후에는 일정한 값을 갖고 함유량도 0.04~0.05%로써 비교적 적음으로 엔진의 작동 과정에서 생성이 비교적 적음을 알 수 있다. 엔진 오일에 포함된 수분과 연료의 함유량은 오일 자체에서 생성되는 것이 아니고 엔진의 상태와 작동 조건에 따라 영향을 받는 것으로서 Fig. 7에서 수분과 연료의 함유량이 사용시간에 따라 점차 증가하고 있으나 수분의 경우에는 70시간 사용 이후에 오히려 감소하였다.

오일의 화학적 반응정도를 나타내는 전산가(TAN)와 전 알카리가(TBN)의 변화를 Fig. 8에 제시하였다.

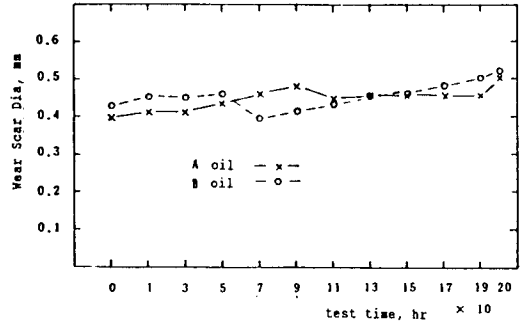


Fig. 9. Wear scar diameter of A and B oil tested with 4-ball tester.

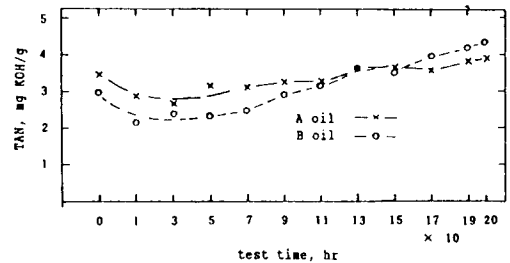


Fig. 10. Change of TAN in used oil during test.

시험중에 전산가의 변화는 거의 나타나지 않음을 보여준다. 그러나 전 알카리가는 전반적으로 감소하고 있으나 변화의 경향이 일정하지 않고 산만하게 나타나서 시험오일의 열화정도를 판단하는데에 충분한 자료로서의 가치가 없다.

### 3-1-2. 오일 종류에 따른 동력계 시험유의 성질변화

A, B 오일로 200시간씩 동력계 시험을 하고 그 결과를 비교 분석하였다. 먼저 작동 시간에 따른 사용유의 내마모성에 대한 시험으로 4-ball 시험에 의한 마모 직경의 크기를 Fig. 9에서 보여 준다. 신유나 작동 초기의 오일에서는 A오일의 내마모성이 우수하지만, 70시간 작동 이후부터 130시간까지는 B오일이 더 우수함을 보여주고 그 이후에는 서로 비슷한 경향을 갖는다. 오일이 사용중에 내 마모성이 향상되는 경우가 발생되는데 이현상은 사용시간이 B오일의 경우 70시간에서 발생하였고, A오일은 110시간에서 나타났다.

사용유들의 전산가 변화는 Fig. 10에서와 같고 A, B오일 모두 사용초기에 낮아졌다가 다시 증가하는 경향을 갖고 있으나 변화 정도는 B오일이 더 심하며 특히 170시간 이상에서는 전산가가 A오일 보다도 더

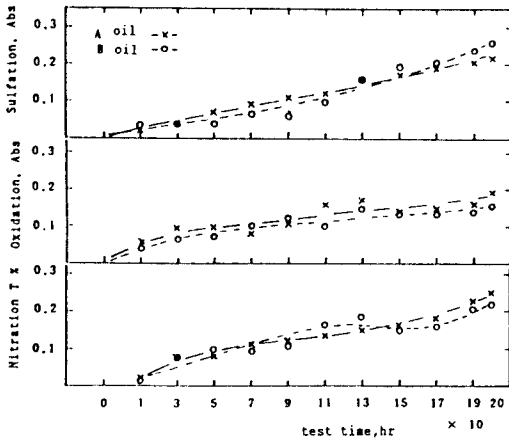


Fig. 11. Change of chemical properties for used oil.

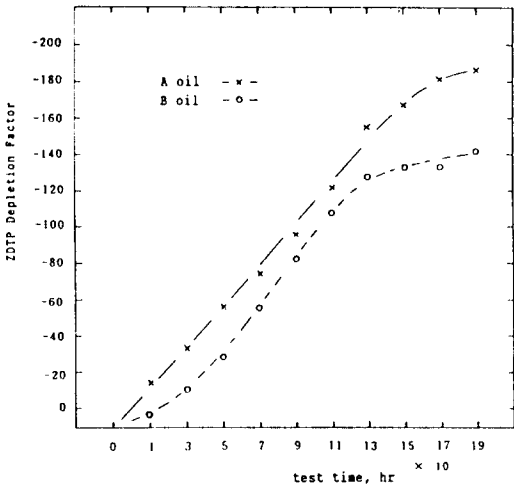


Fig. 12. Change of ZDTP depletion factor for used oil.

높았다. 이 때에 Fig. 9에서와 같이 마모직경의 비교에서 B오일의 마모직경의 크기가 A오일보다 더 큼을 보여주고 있다.

따라서 전산가의 감소는 오일의 화학반응이 활발하게 일어나는 결과로 생각되며, 이 경우에 내마모성이 크게 되고 다시 점진적으로 감소하는 것은 반응성의 감소경향 때문이며 그에 따라서 내마모성이 감소되는 것으로 판단된다. 그러므로 전산가의 변화 정도가 크면 클수록 오일의 열화가 빠르게 진행되는 것으로 생각할 수 있다.

A와 B의 오일을 사용함에 따라 황화정도(sulfation)와 질산화 정도(nitration) 그리고 산화정도(oxidation)

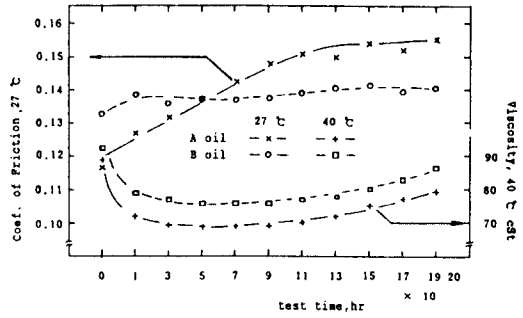


Fig. 13. Change of friction coefficient and viscosity for used oil.

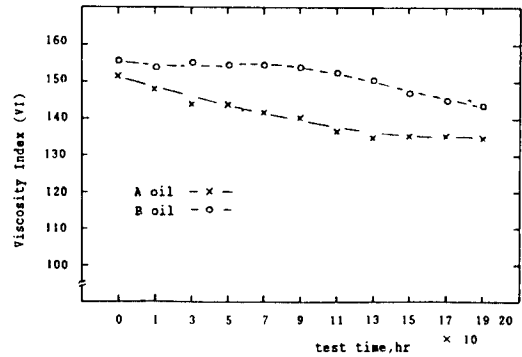


Fig. 14. Change of friction index for used oil viscosity index.

를 Fig. 11에서 보여주고 있다. 작동시간이 길어지면서 모두 선형적으로 증가하는 경향을 보여준다. 오일의 사용시간이 증가하여 150시간 이후에서는 산화 정도만이 B오일이 작고 다른 성질은 모두 A오일이 상대적으로 더 변하였다.

ZDTP고갈인자(depletaion factor)는 Fig. 12에서와 같이 A, B오일 모두 선형적으로 감소하다가 A오일이 130시간 이후부터는 감소율이 작아지는 경향이 있으나, B오일은 계속 감소하고 170시간에서 부터 감소율이 줄어들고 있다.

27°C에서 마찰계수와 40°C에서의 점도를 보여주는 Fig. 13에서 점도는 모든 오일에서 B오일이 A오일보다 약 5cSt정도 크고, 모두 처음에는 감소하다가 다시 점차 증가하고 있으나 마찰계수에서 B오일은 크게 변화가 없고 A오일이 선형적으로 증가하고 있음을 보여준다.

Fig. 14에서 점도지수(VI)의 변화를 보면 B오일은 초기에 비교적 변화가 적으나, A오일은 초기에 감소

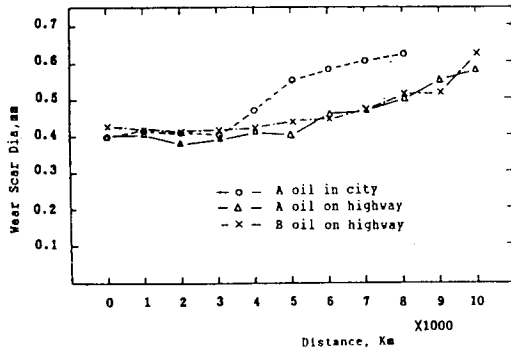


Fig. 15. Wear scar diameter of used A and B oil tested with 4-ball tester.

하다가 사용 시간이 길어지면 변화율이 작아짐을 알 수 있다.

3-2. 실차 주행 시험에서 사용유의 물성변화

3-2-1. 가솔린 연료로 주행 시험한 오일의 분석

Fig. 15는 내마모성을 시험하기 위하여 샘플오일(사용유)에 대한 4-ball 시험한 결과를 마모직경으로 비교한 것이다. A오일로 시내 주행한 오일은 4,000 km이상에서 신유의 경우보다 마모직경이 0.1 mm가 더 증가되었고 7,000 km정도에서의 마모직경은 첨가제가 들어 있지 않은 순수한 기유수준으로 0.2 mm가 더 증가된 0.6 mm 이상이 마모되었음을 보여 준다. 그러나 고속도로를 주로 주행한 액셀의 경우 A, B오일 모두 8,000 km에서 마모직경이 0.5 mm로 0.1 mm가 더 증가되고, 10,000 km에서 B오일이 0.6 mm가 넘었으며 A오일도 거의 같은 수준에 도달된 것을 알 수 있다. 또 A, B오일 모두 2,000~3,000 km 정도에서 마모 직경의 크기가 최소로 나타나서 앞에서 설명한 대로 오일이 사용중에 내 마모성이 우수해지는 경향을 갖게 되고 그 이후에 점차 마모가 증가되고 있음을 보여준다.

실차 시험에 사용된 오일의 화학적 성질의 변화 경향을 적외선 흡광 분광분석에 의한 스펙트럼의 변화 경향을 Fig. 16에서 보여주고 있다. A오일의 경우 ZDTP와 연료의 피크에서 B오일의 백시와 차이가 있음을 알 수 있다.

Fig. 17은 사용유의 전산가(TAN) 변화를 나타낸 것이다. A오일은 도심이나 고속도로 주행 모든 경우에 주행거리 2,000~3,000 km에서 낮은 전산가를 가진 후에 점차 증가하였고, B오일의 경우에 고속도로 주

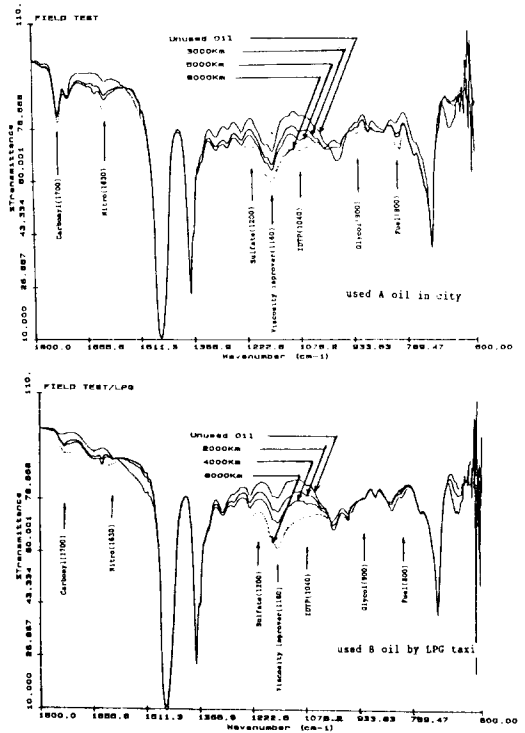


Fig. 16. Atomic emission spectra of used oils.

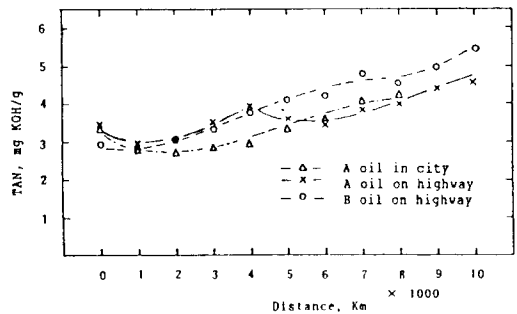


Fig. 17. Change of TAN for used oil tested by real car.

행시에 초기에는 변화가 적다가 3,000 km이상의 주행에서부터 증가하고 있다. 즉 전산가의 증가는 주행 초기에는 B오일이 비교적 적고 A오일은 주행거리가 길어질수록 증가가 적다. 또 A오일은 시내 주행에서 6,000 km 주행 후 최저값에 비해 1 mg KOH/g가 증가되고 고속도로 주행시에는 8,000 km 주행 후에 그리고 B오일은 약 6,000 km에서 전산가가 최저치에 비해 1 mg KOH/g가 증가 되었음을 보여준다.

따라서 전산가의 변화에서도 시내주행의 경우에 더

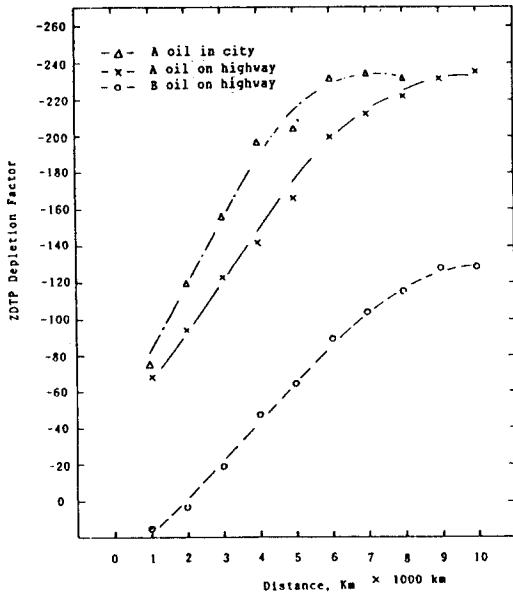


Fig. 18. Change of ZDTP depletion factor for used oil by real car.

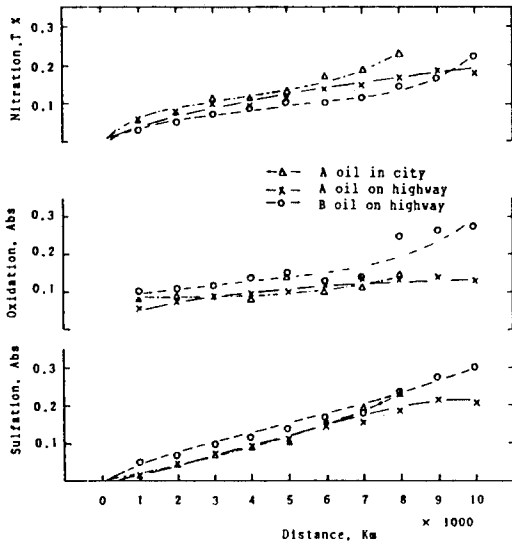


Fig. 19. Change of chemical properties for used oil by real cars.

많이 변하고 고속도로 주행에서는 A오일보다 B오일이 더 많은 변화가 일어나며, 이 경향은 마모 직경을 나타낸 Fig. 15와 비교하면 내마모성의 감소와 관련이 있음을 알 수 있다. 또 ZDTP의 고갈정도를 나타내는 Fig. 18에서 A오일과 B오일의 절대적인 크기의 차이가

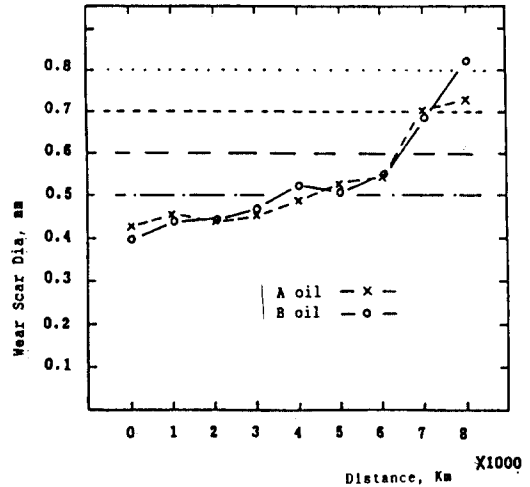


Fig. 20. Wear scar diameter of used A and B oil tested by LPG taxi.

있으나 A오일의 경우에 시내주행 오일이 고속도로 주행의 경우보다 더욱 빠른 속도로 고갈되고 있음을 보여 주고 있고 -230 정도에서 더 이상 감소하지 않았다.

또 여기에 도달되는 주행 거리도 시내주행인 경우에 약 6,000 km이지만 고속 도로의 경우에는 9,000 km 정도가 되며 B오일은 -130 정도에서 변화가 중지되고 있으며 9,000 km의 주행에서 감소율이 중지되는 것으로 나타났다. 이 변화는 마모직경의 비교 결과에서 내마모성의 감소와 같은 경향으로써 오일의 열화정도의 판단에 중요한 요소로 고려될 수 있음을 보여준다.

Fig. 19에서와 같이 사용유의 질화는 시내주행의 엔진오일의 경우 5,000 km 이후부터와 B오일의 경우 7,000 km 이후부터 비교적 가속적으로 증가되었고 산화는 A오일보다 B오일에서 높게 나타났으나 내마모성(WSD)이나 전산가의 변화 또는 동력계 시험의 결과와는 일관된 관계를 보여주지 않음을 알 수 있다.

### 3-2-2. LPG 차량으로 시험한 오일의 분석

Fig. 20는 LPG엔진 사용오일(사용유)에 대한 4-ball시험에 의한 마모직경의 크기를 나타낸 것이다. 초기에는 마모 직경의 증가율이 작지만 3,000 km 이상부터는 점점 커지고 있음을 보여주며 새 오일의 마모직경보다 0.1 mm 이상이 증가되는 주행거리는 A, B오일 모두 4,000 km에서 나타났고 6,000 km에서는 0.2 mm가 더 많이 마모되어 무첨가 오일(기유) 수준에 도달하였다. 이때부터는 마모직경이 급격히

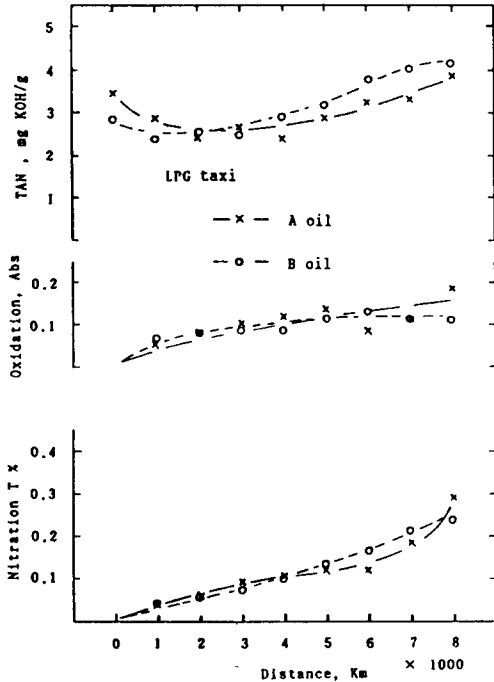


Fig. 21. Change of chemical properties for used oil by real cars.

증가하여 8,000 km주행 후 A오일은 0.83 mm, B오일은 0.74 mm로 아주 심한 마모 경향을 보여줌으로써 오일의 내마모성이 기유 수준보다 더 나쁜 상태로 변하였음을 알 수 있다.

앞에서 입증한 것과 같이 마찰과 마모에 영향을 미치는 오일의 물성변화에 관한 분석으로 사용유의 전산가를 측정할 것이 Fig. 21에 제시되었다. 전산가는 A오일과 B오일 모두 초기에 감소하다가 2,000~3,000 km이상에서부터 다시 증가하였고, 증가율은 B오일이 A오일보다 더 크다. 또 A오일은 최저치에 비해 8,000 km 주행 오일이 1.5 mg KOH/g 정도 증가한 반면 B오일은 최저치보다 1.7 mg KOH/g가 더 증가하였다.

질화 정도를 비교한 경우에는 A, B오일 모두 사용에 따라 증가하다가 A오일은 B오일보다 8,000 km에서 더 많아졌으며, 이때 마모 직경(Fig. 20)에서도 같은 경향이 나타났으므로 앞에서와 같이 서로의 상호관련성이 깊은 것임을 입증해 준다.

ZDTP 고갈정도의 변화를 Fig. 22에서 보여주고 있다. 고갈 정도가 A, B오일 모두 감소하다가 A오일은 5,000 km에서, B오일은 6,000 km에서 더 이상 변화가 일어나지 않는 상태에 도달하고, 가솔린 엑셀차의 B

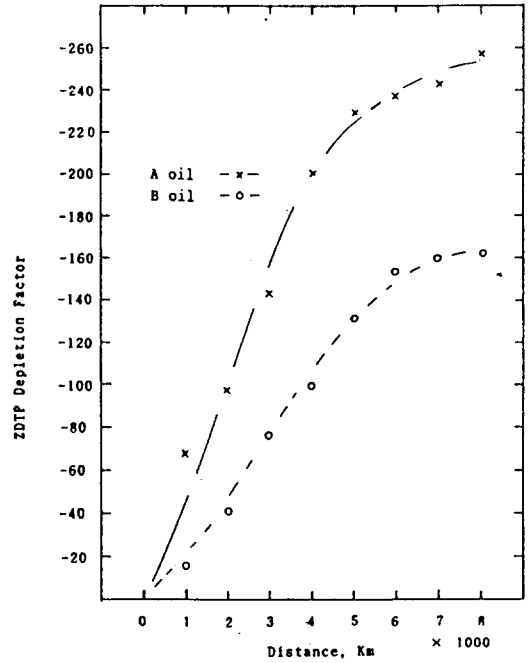


Fig. 22. Change of ZDTP depletion factor for used oil by LPG taxi.

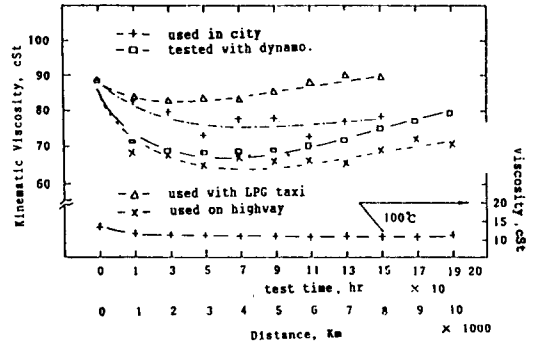


Fig. 23. Changes of kinematic viscosity for used A oil tested in different ways.

오일(Fig. 18)에서의 고갈한계 수준이었던 -130에 도달되는 LPG택시의 주행거리가 5,000 km 정도임을 알 수 있다. 따라서 마모가 심하게 일어나는 오일의 사용조건은 내마모 첨가제인 ZDTP의 고갈이 한계에 도달된 이후에 발생되는 것으로 나타난다.

따라서 마모직경의 증가와 ZDTP고갈 경향과의 관계는 LPG차의 주행 시험에서도 오일의 열화에 상당히 밀접하게 연관되어 있는것이 확인되었고 동력



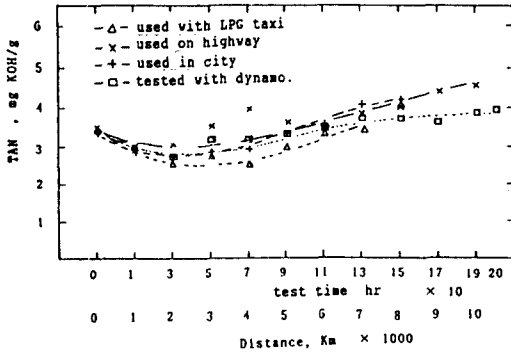


Fig. 24. Change of TAN for used A oil tested in different ways.

Table 2. ZDTP고갈 정도의 감소를 한계거리

구 분	LPG 택시	시내 주행차량	고속도로 주행차량
변화율 감소시작 주행거리	4,000 km	5,000 km	8,000 km

계나 가솔린엔진 차량보다 LPG차량의 오일이 열화가 더 빨리 일어남을 알 수 있다.

사용유의 스펙트럼 분석결과를 보여주는 Fig. 16에서 LPG차의 엔진오일의 연료희석 현상이 가솔린엔진 시험오일의 분석 결과와는 다르고 사용중에 거의 변화가 없음을 기화기를 필요로 하지않는 가스연료의 사용에 의한 원인으로 사료된다.

3-3. 사용 오일의 화학적·기계적 물성의 비교

사용 오일의 물리적 화학적 물성변화에서 A오일에 대해 40°C의 점도 변화를 Fig. 23에서 비교하였다. 모든 시험유의 사용 초기에는 점도가 감소하는 경향이 있으나 4-ball 시험에서 마모가 급격히 증가하는 택시에서 가장 감소정도가 적었고 시내 주행 차량이 그 다음이었다. 또 고속도로 주행오일이 가장 많이 감소하였고 동력계 시험의 경우는 감소 이후 증가율이 택시와 함께 비교적 큰 편이었다. 그러나 모든 경우에서 시험 조건내에는 최고 변화율이 열화한계인 ± 25% 이상 되지는 않았음을 보여 주었다. 100°C의 점도는 초기에 약간 감소한 후 일정하게 유지되며 변하지 않음을 보여주고 다른 오일도 모두 같은 경향을 갖는다.

전산가의 변화를 보여 주는 Fig. 24에서도 사용 초기에는 감소하다가 다시 증가하는 경향을 갖고 있다.

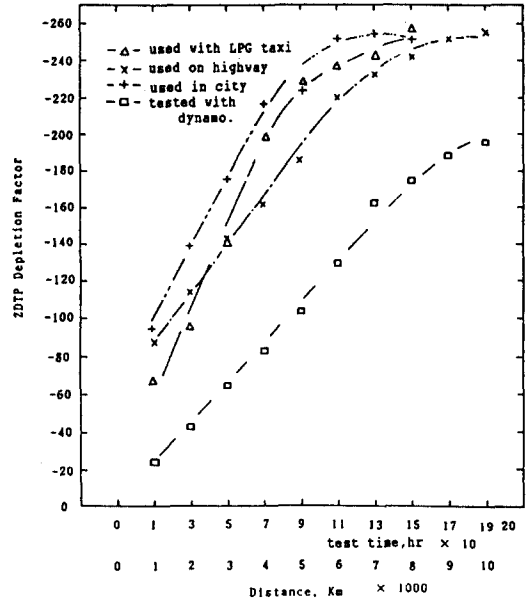


Fig. 25. Change of ZDTP depletion factor for used A oil tested in different ways.

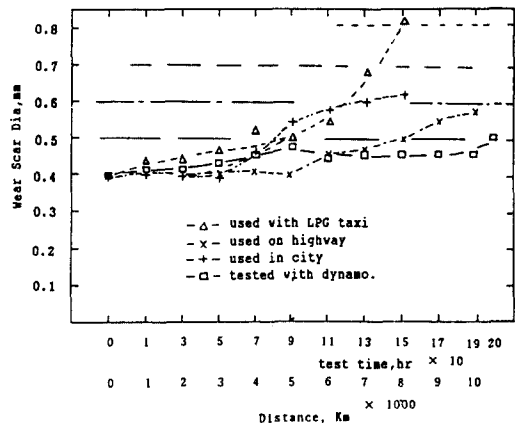


Fig. 26. Wear scar diameter of used A oil tested in different ways.

40°C 점도 변화와는 반대로 택시인 경우 감소의 정도가 가장 심하였고 동력계 시험에서 비교적 적었으며 절대치 변화는 모든 경우에 ± 2mg KOH/g 보다는 작았다. 따라서 사용한계범위를 벗어나지 않으나 전산가의 감소정도가 큰 경우(LPG)에는 사용유의 점도 감소가 적고 심하지 않은 경우에 점도의 초기 감소가 큰 것을 알 수 있다.

ZDTP의 고갈정도는 오일의 열화가 심한 경우에

사용이 증가해도 변하지 않는 경향을 모든 시험오일에서 Fig. 25에서와 같이 나타나고 있음을 보여준다. 이 결과는 내마찰성 작동유를 펌프에 의해 벤치시험한 결과의 문헌과 같은 결과를 갖는다[17].

동력계 시험에서는 변화율이 비교적 작고 190시간에서 증가율이 둔화되기 시작하며 사용에 따른 열화 정도가 실차 주행보다 덜 심한 것을 알 수 있다.

사용유의 기계적 성질에서 4-ball 시험에 의한 내마모성의 비교를 Fig. 26에서 보여주고 있다. LPG택시의 경우가 내마모성이 가장 빨리 감소하고 있고 다음은 도심 주행 차량의 경우이며, 고속도로 주행에서 비교적 감소율이 작고 동력계 시험의 경우는 매우 느리게 일어나고 있음을 보여 준다.

따라서 사용 오일의 화학적 성질과 기계적 성질의 변화에 대한 비교는 전산가와 ZDTP고갈인자와 연계될 수 있음을 보여주고 있다. 즉 마모가 가속적으로 증가되는 경우에는 사용유의 전산가가 심하게 변하고 ZDTP의 고갈과 한계점 도달이 빨리 일어나며 반대로 동점도의 변화가 비교적 적음을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

가솔린엔진에 사용되는 오일과 연료 및 주행 조건에 따른 사용유의 물리적, 화학적 성질변화에 관한 시험과 분석에서 다음과 같은 결론들을 얻을 수 있었다.

1. 사용중인 엔진오일의 내마모성 감소와 직접 관련이 깊은 오일의 물성변화는 ZDTP의 고갈로 나타났다. 이것은 오일의 종류와 엔진의 사용방법에 따라 변화정도가 다르고 그에 따라 오일의 내마모성이 지배를 받고 있었다.

2. 엔진 사용유에서 오일속에 ZDTP의 성분은 오일사용시간이나 주행거리가 증가함에 따라서 점점 고갈되고, 그 정도가 한계에 도달되면 내마모성이 급격히 감소되어 마모량의 증가가 가속적으로 일어나고 마찰계수도 증가하고 있음을 알 수 있었다.

3. LPG를 연료로 사용하는 택시의 경우에 사용유의 ZDTP고갈과 전산가의 감소 및 증가율이 가솔린엔진 오일의 경우보다 심하였고, 아울러 내마모성도 더 빠르게 감소되었다.

4. 가솔린엔진오일의 사용유 시험에서 시내 주행

차량의 경우가 고속주행의 경우보다 열화가 빠르게 일어나므로 각 경우에 따라 엔진 오일의 사용주기를 탄력적으로 조절하는 것이 바람직함을 입증하였다.

#### 참 고 문 헌

1. 신오식, "자동차용 엔진오일의 윤활관리", 윤활관리, Vol.12, No.3.
2. "자동차용 엔진오일의 신뢰성과 오일의 교환거리", 기술 자료, 윤활관리, Vol.13, No.2.
3. 박선재, "자동차 윤활 (1)", 윤활관리, Vol.13, No.3.
4. 박선재, "자동차의 윤활 (2)", 윤활관리, Vol.13, No.4.
5. Patterson, J.K., and R.C. Gregor, "Lubricant Factors Affecting Passenger Car Oil Consumption", Paper SAE 352, November 1967.
6. Georgi, C.W., "Some Effects of Motor Oils and Additives on Engine Oil Consumption", Paper 238 SAE Annual Meeting, Detroit 1954.
7. Georgi, C.W., "Some Effects of Motor Oils and Additives on Engine Oil Consumption", Paper 238 SAE Annual Meeting, Detroit 1954.
8. Selby, T.W. "A Comparison of the Effects of Cranking Speed and Oil Viscosity", Paper 805, SAE Jan. 1964.
9. 강석춘, "4-ball 시험기와 패로그래피에 의한 자동차 엔진오일의 마찰 마모특성에 관한 연구", 자동차공학회 학술 논문발표, 1989.4, pp 126-140.
10. 강석춘, 김종호, "A Study of Friction Properties of Mo-DTP as a Lubricant Additive", 일본 나고야 국제학술논문, 1990. 10, PP 356-364.
11. 강석춘, "자동차 엔진오일의 마찰특성에 관한 연구", 자동차공학회지 Vol.13, No.4, 1991.
12. Lowther, H.V., "Some Factors Affecting Engine Oil Consumption", Paper 867, SAE Nov. 1956.
13. Westcott, V.C. and Seifert, W.W., "Investigation of Iron Content of Lubricating Oil Using a Ferrography and an Emission Spectrometer", Wear, 23 (1973), PP 239-249.
14. Hofman, M.V. and Johnson, J.H., "The Development and Application of Ferrography to the Study of Diesel Engine Wear", SAE Paper No 780181, 1978.
15. Jones, N.H., "Ferrograohy Applied to Diesel Engine Oil Analysis", Wear, 56(1979), PP 93-103.
16. 강석춘, 신성철, 김동길, 노장섭, "가솔린 엔진오일의 사용에 따른 기계적 성질의 변화에 관한 연구", 한국윤활학회지(1993) 제9권 2호, pp. 36-48.
17. 윤활관리, 1985년 6월, Vol. 12, No. 3, pp. 44-49