

윤 활 연 구

가솔린 엔진오일의 최적 사용한계 설정에 관한 연구

한국석유품질검사소

본 연구결과보고서는 1992년도 한국석유품질검사소와 항공우주과학연구소(공군사관학교부설)가 공동으로 수행한 “가솔린 엔진오일의 최적사용한계 설정에 관한 연구”의 결과보고서로서 최적엔진 오일 사용한계를 설정한 본 보고서는 생산자 소비자등 관련분야에 유익한 자료가 될 것이기에 몇 차례 나누어 여기에 옮긴다. -편집자주-

제1장 서론

국민의 소득과 문화 수준의 향상에 따라 중진국에서 선진국으로 전환하는 과정에서 국내 차량 보유대수가 급격히 증가하여 2000년대에는 선진국 수준인 가족당 1대씩 소유하는 시기가 도달되고 또 점진적으로 필요에 따라서는 그 이상의 소유가 가능하게 될 것이 분명하다.

그러나 급격한 차량 증가에 따른 각 개인의 차량관리는 별개로 기본 상식이나 지침이 없는 경우에 수반되는 자원낭비나 차량유지 보수 비용은 크게 증가하므로써 개인은 물론 국가적으로 손실은 막대하게 된다. 따라서 소유 차량의 주기적인 관리에 가장 관심의 대상인 오일 교환은 국내 기술 수준에 적합한 추천 수명의 설정관련이 연구의 부족에 의한 원인으로 막연히 자주 갈수록 신뢰가 크다는 지 또는 오래 사용해도 큰 문제가 없다는 등 개인의 판단에 좌우되어 결정하는 경우가 대부분이다.

모든 생산제품이 적절한 사용수명을 갖고 있듯이 엔진오일도 고속, 고온 및 과부하의 가혹한 사용 환경에서 사용에 따른 성능감소가 필연적으로 따르게 되어 적당한 기준에 따라 오일을 교환해 주어야만 한다.

확실한 기준과 근거에 따른 한계 설정을 위해서는 사용오일의 물성변화를 다각적으로 연구하고 각 경우에 따라 적절한 사용가능 범위를 설정할 필요가 있다. 따라서 본 연구는 실험실 동력계 시험에 의한 엔진유의 물성변화를 살펴보고 차량이나 엔진오일의 종류 및 주행조건, 사용 연료등에 따라 추천할 수 있는 엔진 오일의 사용한계를 최적 상태에서 설정하는데 중점적으로 연구하였다.

제2장 사용유의 시험과 분석 방법

제1절 가솔린 엔진 오일교환 실태의 고찰

차량 소유자의 입장에서는 자주 오일 교환을 해 주는 것이 엔진보호와 연료에 대한 주행거리의 증가에 가장 좋은 것으로 판단하는 견해에 따라 3,000~4,000km에서 오일을 교환해 주는 것이 대부분이고 심한 경우에는 1,000~2,000km마다 교환하는 경우도 많은 실정이다.

또 일부에서는 차량제조회사의 추천에 따라 10,000km마다 또는 그 이상에서 교환해 주거나 거리에 상관없이 1년여 정도에 한번씩 교환해 주는 등 충분한 지식없이 부정기적으로 교환하는 경우가 대

부분이고 LPG연료를 사용하는 택시는 그 사용의 가혹도를 확대 해석하고 차량 운행 않는 날을 이용하여 2,000~3,000km마다 교환하는 것이 차량 수명연장에 가장 적합하다고 생각하고 있는 경우가 대부분이다.

외국의 경우에서 미국은 보통 오일의 경우 16,000km(10,000mile)를 일반주행에서 권장하고 심한주행의 경우에는 5,000km/3개월을 추천하며 특수 첨가된 합성유의 경우는 기준의 3배까지도 가능하다고 주장하나 그러한 특수 오일의 판매는 극히 일부에 지나지 않으므로 보편성이 없다. 일본의 경우는 터보차저를 부착한 경우 5,000km/6개월이고 보통차의 경우에는 10,000km/12개월로 추천하고 있다.

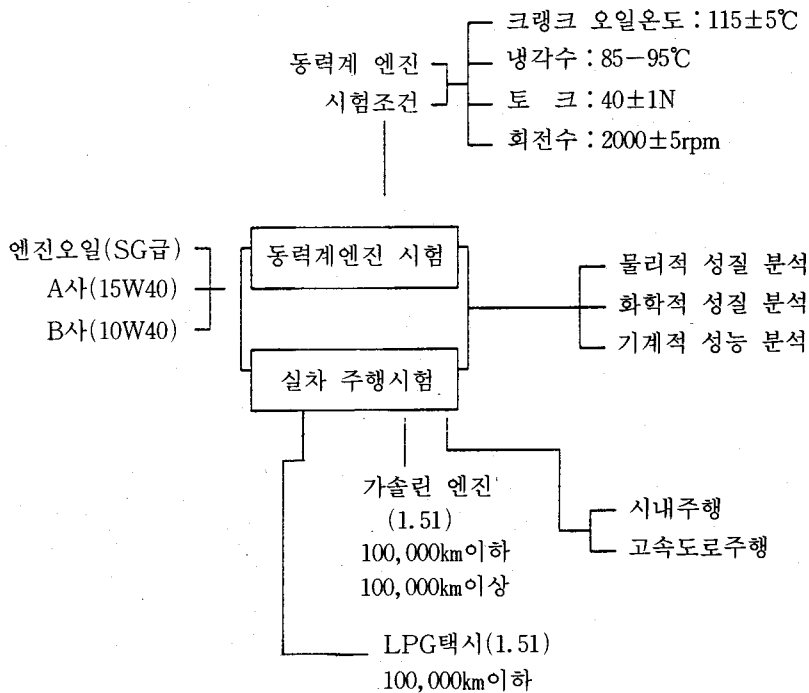
이상의 결과에 따르면 국내에서는 오일의 품질에 관계없이 교환함으로써 오일 교환에 따른 시간 및 경비 손실이 우려되며 반면에 장기간 사용에 의한 엔진의 손상이나 수명 단축의 가능성이 증대되므로 최적 오일 한계 설정과 적극적인 계몽으로 국가 산업발전 및 국민 경제에 이바지 해야 할 것이다.

제2절 사용유 채취, 시험 및 분석

엔진오일의 사용 한계설정에 사용된 엔진오일은 A, B두개 회사제품을 선정하고 벤치 시험(실험실 동력계 시험)과 실차주행 시험을 실시하였다. 시험 오일교환은 2시간 이상 동안 사용유를 빼낸후에 새 오일을 오일 함량 표시 계지의 최대 위치에 도달되도록 넣고 동력계시험에서는 20시간마다, 그리고 실차주행시험에서는 1000±30km마다 40ml씩 사용유를 뽑아 화학적, 물리적 그리고 기계적 시험과 분석을 하도록 하였다. 사용오일의 샘플을 채취하는 방법은 다음과 같은 조건을 엄격하게 유지하도록 하였다.

1. 샘플은 엔진 작동정지후 10±1분에 채취한다.

표1. 엔진 오일 시험 및 분석 계획



2. 채취 위치는 오일 게이지의 표시부분에서 2cm아래 위치를 유지하였다.
 3. 채취병은 완전히 세척을 하였고 채취호스는 비닐로 만든것 으로서 매번 새것을 사용하였다.
 채취된 샘플 오일은 가능한 빠른 시일(2주일 이내)내에 분석을 하도록 하여 가능한 보관에 따른 물성변화를 억제하였고 불순물의 오염이나 유입을 방지하여 온도가 높지 않은 곳에 보관하도록 주의하였다. 사용유의 시험과 채취 및 분석계획을 도표로 작성하면 표1과 같고 분석에 사용된 장비는 표 2에 제시하였다.

다음 장비는 석유 품질 검사소 시험 연구부와 공군사관학교에서 보유하고 있는 시험장비로서 본

표2. 엔진 오일 분석 시험 장비

기 기 명	제 작 사	모 델 명	용 도	관련규격
1. 윤활유엔진성능 시험기(휘발유, Petter W-1)	G.Cussons(영)	W-1	베어링 무게감량 정도 증가	CFC L-02-A-78
2. 윤활유엔진성능 시험기(경유, Petter AVB)	G.Cussons(영)	AVB	피스톤 퇴적물	CFC L-24-A-78
3. 원자분광식 광도계(A.A.S)	IL(미)	Video 12	금속분	ASTM D 4628
4. 플라즈마 발광 분석기(ICP)	Spectroil(미)	S-ICP	금속분	ASTM D 4951
5. 정량페로그래피	Predict(미)	DR III	마모입자분	-
6. 분석페로그래피	Predict(미)	FM III	마모입자형상	-
7. 오일 분석기	Nicolet(미)	8210	산화, 열분해, 탄화분, 연료회석 등	-
8. 동점도 측정기	ATPEM(프)	V 06615	동점도	KSM 2104
9. 유동점 측정기	ATPEM(프)	V 04704	유동점	KSM 2106
10. 잔류탄소시험기(콘라드손법)	Meihosha(일)	25B25-ACR	잔류탄소	KSM 2017
11. K-F수분측정기	Metrohm(스)	652	수분	KSM 2058
12. 중화가시험기	Metrohm(스)	536	전산가, 전알카리가	KSM 2004
13. 산화안정도 시험기	Yoshida(일)	ISOT-6	산화안정도	KSM 2021
14. ASTM 색도계	Seta(영)	1525	ASTM 색	KSM 2106
15. TFOUT 산화시험기	TANNAS(미)	Tannas Type	산화안정도	ASTM D 4742
16. 가스트로마토 그래피	Chrompack(네)	CP 9000	연료회석분	ASTM D 3524, 3525
17. 저온 겔보기 점도계(C.C.S)	Cannon(미)	CCS-2	온겔보기 점도	KSM 2121
18. 탐켄식내하중성 시험기	Falex(미)	1750	하중성(탐켄식)	KSM 2026
19. 사구식 내하중성 시험기	Cameron-Plint(영)	TE 82	하중성(사구식)	ASTM D 2266

연구에 적극 활용하도록 하였다.

○사용유의 분석은 다음과 같은 성질의 변화를 조사하였다.

- 사용유의 물리적 분석
 1. 마모 입자 성분 분석
 2. 첨가제 성분의 퇴화 분석
 3. 동점도 변화(40°C, 100°C)
 4. 점도 지수
 5. 불용 성분
- 사용유의 화학적 분석
 1. 연료분
 2. 전산가
 3. 전알카리가
 4. 적외선 분광분석
- 사용유의 기계적 성능 분석
 1. 내 마모 성능 시험
 2. 마찰력 변화 시험
 3. 마찰계수(27°C, 95°C)시험

제3절 동력계 시험(탁상 시험)의 절차와 방법

동력계 시험용 엔진의 제원과 시험시 작동 조건은 다음과 같다.

○ 제원

- 엔진 배기량 : 1.5l
- 연료 분사방법 : 다지관 연료 분사식
- 제조회사 : 현대자동차
- 사용정도 : 신 조립품

○ 작동조건

- 엔진회전수 : 2000rpm
- 냉각수 출구 온도 : 85~95°C
- 오일 팬 온도 : 115~120°C
- 엔진 토크 : 40N
- 엔진 출력 : 약 40kW
- 연료 소비율 : 100~110sec/100ml
- 엔진 오일 주입 : 3.5 l
- 샘플 채취 : 20시간 마다 40ml씩
- 작동 시간 : 200시간
- 사용 연료 : A정유회사 제품의 무연휘발유

신 조립 엔진을 현대자동차에서 구입하여 작동에 이상이 없도록 점검하고 엔진 동력계와 각종 측정 센서를 부착하였으며 실험의 사진은 그림1과 같다.

엔진 동력계 시험을 총 500시간 실시하였고 시험중 엔진의 고장같은 문제는 전연 없었다. 시험 일은 A가 제품을 100시간과 200시간씩하고 다음에 B사 제품에 대하여 200시간 실시 각각의 사용유를 채취하고 분석하였다.

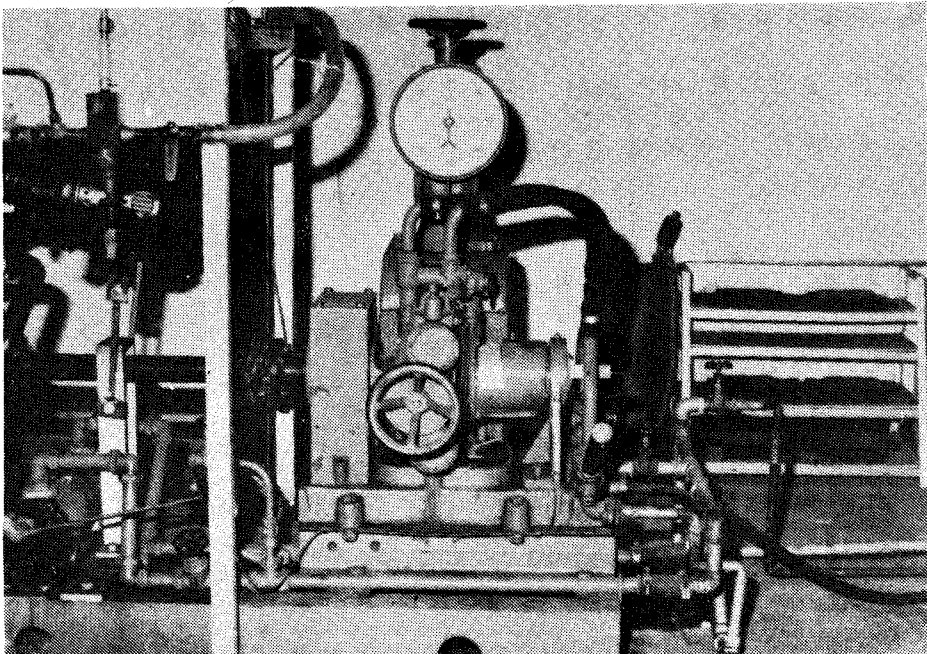
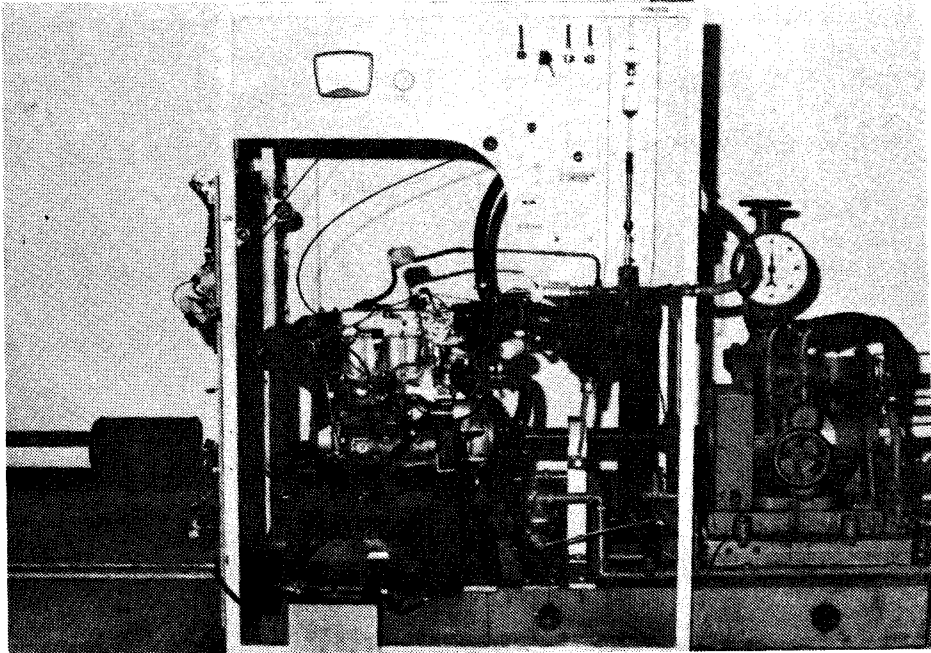


그림1. 동력계 시험장치와 수동력계의 사진

엔진작동 방법은 시동후 엔진을 2~3분간 무 부하 조건에서 작동시키다가 서서히 회전수를 3000rpm으로 올린 다음 수차식 동력계에 물을 공급하므로써 토크가 40N이 되도록 조정하면 회전수는 2000rpm으로 고정된다. 이 조건은 고속도로 주행시 시속 80km에 해당하도록 한 것이다. 사용유 샘플을 작동 정지 직후부터 10분이 지난 후 오일 게이지에 나타난 위치에서 2cm 아래 부분에서 채취하도록 하였다.

시험이 끝난 후에 동력계와 시험차량 엔진 오일의 교환방법은 작동 정지후 샘플링한 후 약 2시간 가량 동안 사용유를 빼낸 다음에 새 오일을 넣는 방법으로 하므로써 잔류 오일의 양이 가능한 적게 하였고 실차 조건에 따르기 위하여 플러싱을 하지 않았다.

제4절 실차 주행 시험

실차 주행시험에 사용된 차량은 액셀(1.51)과 프레스토(1.51) 승용차와 르망택시(1.51 개인용)로써 액셀은 120,000km에서 프레스토는 70,000km 그리고 르망택시는 80,000km를 주행한 후 시험하였다. 주행의 가혹 정도를 구분하기 위하여 액셀 승용차는 고속도로를 주로 주행하여 1만 km주행에 약 3개월 걸렸으며 프레스토 승용차는 시내 주행을 주로하였고 고속도로는 거의 이용하지 않도록 하여 8,000km를 약 5개월 동안에 주행하였다.

택시의 경우는 보통 지방 도시의 개인택시 평균 주행거리인 하루 300~400km씩을 주로 도심에서 주행하도록 하였고 고속도로는 단구간에 한하여 운행하면서 30~40일에 8,000km를 주행하였고 A사와 B사 오일의 순서로 연이어서 시험하였다.

사용오일의 샘플 채취 방법은 동력계시험과 같은 절차를 따르도록 하였고 샘플오일도 최대 2주 이내 분석을 시작하여 일반적인 오일의 성질 변화를 억제 하도록 하였다.

제5절 사용유의 열화 정도 평가

엔진 오일의 교환설정에 관련된 열화 기준 평가의 한 예가 표3과 같다.

본 연구에서는 엔진오일의 물리적 화학적 변화와 함께 기계적 성질의 변화에 관심을 두기로 하였다. 사용유의 기계적 성질에 의한 열화정도의 한계는 기준(기계적 성질에 근거) 표4와 같이 설정하였다.

기계적 성질에 대한 평가시험은 재생성이 우수하고 시험의 신뢰성이 매우 큰 4-ball(4구) 시험기를 사용하여 내 마모성과 마찰력 변화를 분석하고 동시에 Ferrography에 의한 마모 입자의 생성 경향을 살펴보았다. 이때 4-ball시험의 시험조건은 다음과 같다.

- 4-ball 시험의 조건
- 회 전 수 : 1200±5rpm

표3. 엔진 오일 열화의 예

평가 항목	평가 기준
점도 변화율	±25%
전산가 변화	±2.5(mgKOH/g)
전 알카리가 변화	-1(mgKOH/g)
펜탄 불용해분	3.0Wt%
벤젠 불용해분	2.0Wt%
수 분	0.2% Vol

표4. 엔진 오일의 열화(4-ball시험)

평가 항목	평가 기준	
	교환추천	사용불능
내마모성감소	20% 이상	기유수준
마찰력 변화	scuffing이 1회 발생시	scuffing현상이 1회 이상

오일온도 : $75 \pm 2^{\circ}\text{C}$

작용하중 : 40kg

베어링 재료 : AISI 52100(SKF사)

시험시간 : 60분

매 시험후 사용유를 채취하고 시험볼은 정밀 현미경을 통하여 마모직경의 크기를 측정한 다음 표면 사진을 촬영하였다.

세계를 한곳에 미래를 한눈에