

윤 활 연 구

엔진오일의 합리적인 소비생활을 위한 제언

SK주식회사 윤활유사업팀
과 장 정 범 서

들어가면서

지난 호에서는 홍익대학교의 김청균 교수님께서 tribologist 전문가로서 윤활유의 역할과 윤활유 공급이 불량한 경우 발생할 수 있는 고장사례에 대하여 상세히 설명하여 윤활계통에 대한 이해에 많은 도움을 주신 바 있다.

금번 호에서는 우리 윤활유산업 종사자들이 마케팅 과정에서 흔히 접하는 교환주기에 대한 의문점을 주제로 하여 소비자에게 보다 합리적인 소비생활을 권할 수 있도록 이야기를 엮어 보기로 한다.

금년 한 해는 윤활유사업 종사자들에게는 긴장의 연속인 한해 이었다고 할 수 있다. 외환위기 후 IMF식 관리체제 하에서 소비자는 모든 소비를 줄이느라 윤활유 교환이 급감하였고 또 새해부터 17만km를 무교환으로 주행할 수 있다는 정체를 알 수 없는 제품이 공영방송에 소개되었으며 윤활유 교환주기를 대폭 늘려 외화낭비를 막아야 한다는 소비자보호단체 및 학계의 주장도 우리 윤활유 산업 종사자를 긴장하게 하였다.

소비자보호원의 설문조사에 따르면 스스로 교환주기라 생각하는 주행거리를 초과하고도 윤활유를 교환하지 못하는 사정인 경우 소비자가 느끼는 심리적 압박감은 대단

하다고 한다. 그런데 내가 알고 있는 적정 교환주기가 과연 타당하고 합리적인 것일까? 많은 소비자가 의문을 가지고 있지만 시원스럽게 한마디로 교환주기를 답할 수 있는 전문가는 아직 없는 듯 하다.

윤활유 판매자에게 물어보면 자동차 제작사 소비자 지침서(매뉴얼)에 기재된 대로 따르라고 하고 경정비 업체에서 물어보면 이보다 짧게 권하는 점수가 많아 어딘가 속는 듯 하고 그렇다고 신문에서 소위 자동차 전문가가 권하는 대로 1만km를 타자니 엔진이 늘어 붙을까 걱정이 된다. (엔진을 들어내어 수리하는 경우 대략 수리비용이 200만원 안팎이라고 하여 이 금액이면 엔진오일 교환을 100회 할 수 있고 5000km마다 교환한다 하더라도 50만km를 주행할 수 있다. 복리 이자는 고려하지 않더라도.)

사용자가 기계적인 이상을 느끼거나 마모 상태를 감지할 만큼 엔진유의 열화가 진행된 경우는 대부분 큰 엔진고장으로 이어지므로 혼하지 않은 경우이고 대부분의 경우는 윤활유가 크게 변성되어 주행감각의 변화가 오는 경우를 교환주기로 삼거나 남에게 들은 대로 따르는 경우가 많은 듯 하다.

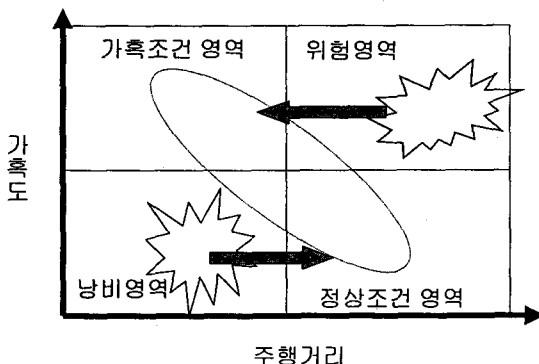
이것을 보다 정량적이고 과학적인 수단으로 결정하는 것이 사용유 분석에 의한 교환주기 결정 방법으로 윤활유의 변질 및 엔진

의 이상마모 여부를 직접적으로 분석이 가능하여 대형 운수회사 (버스, 트럭, 택시)에서는 많이 적용하고 있으나 아직 일반 소비자에게까지 보급 되기에는 국내 여건이 따라가지 않는 것 같다. 수온계나 연료 level gauge처럼 차량에 엔진오일 교환시기를 알려주는 계기가 부착되어 있다면 간단하겠지만 오랜 연구에도 불구하고 아직 대중적으로 상용화될 만큼 저렴하고 신뢰성있는 기기는 아직 상품화 되지 않고 있다.

윤활유 교환주기에 대한 논란이 끊이지 않는 이유는 자동차제조사와 윤활유제조사, 경정비업체의 이해관계가 달라 있기 때문이기도 하지만, 보다 근본적인 문제는 정확한 실태조사가 잘 되어 있지 않은 점과 자동차제조사가 말하는 소위 가혹조건에 대한 이해가 부족한 탓이라고 생각된다.

그림1에 이러한 현상을 개념도로 나타내어 보았다. 가혹도가 증가할수록 엔진오일의 교환주기는 짧게 관리하는 것이 당연하며 윤활유업체는 상당수의 소비자가 가운데의 타원 영역 내에서 합리적으로 교환주기를 정하여 차량관리를 하고 있을 것으로 추정하고 있다. 문제는 차량관리에 대하여 그릇된 정보를 받아 들여 교환주기를 너무 짧게 유지하고 있는 낭비영역과 윤활관리의 중요성을 인식하지 못하여 무리하게 연장사용함으로써 엔진고장을 초래하는 위험영역의 소비자이다.

[그림 1] 최적교환주기의 필요성



앞으로 논의될 가혹 운행조건에 정의와 엔진 및 오일의 수명에 미치는 영향에 대하여 이해를 깊이 함으로써

- (1) 안전영역의 교환주기를 연장하여 자원 낭비와 폐유발생을 줄이고
- (2) 위험영역의 교환주기를 단축하여 엔진 수명을 연장하며
- (3) 적정 교환주기에 관심을 가짐으로써 최적의 소비생활을 선도할 수 있도록 도움이 되기를 바란다.

제작자의 추천 교환주기는?

엔진오일의 교환주기를 결정하는 합리적인 판단기준은 무엇일까? 그것은 제작자의 추천이 절대적인 기준이다. 이는 보증문제와 직결되기 때문이기도 하지만 자동차를 가장 잘 아는 전문가의 추천 사항이기 때문이다. 문제는 일반 소비자가 추천 내용을 이해하기 어렵다는데 있다고 하겠다.

먼저 국내 자동차제조사의 교환주기 추천사항을 짚어 보기로 하자. 주요 교환품목에 대한 추천 교환주기를 정리하면 아래 표1과 같다.

여기서 소비자를 담당하게 하는 것이 추천제품의 성능등급이 시중에서 구입하는 것보다 이전 성능이고 제품명도 오래전의 제품이라 익숙치 않다는 점일 것이다. 그리고 또 가혹조건에서 교환주기를 절반으로 단축하여야 한다고 하는데 가혹조건이라는 기준이 애매하고 또 왜 그러한 조건에서 얼마나 엔진오일에 가혹한지 설명을 찾아보기 어렵다. 또 많은 사람들이 신차를 구입하면 1,000~2,000km 사이에 길들이기를 끝내고 엔진오일을 교환하는데 소비자 매뉴얼에는 엔진오일을 교환하라는 것 인지가 명확하지 않다.

여기에 논란의 소지가 있고 대부분의 소비자가 명확한 기준을 가지지 못하고 경정비 업체에 오일에 대한 사항을 일임하거나 근거없이 자기 나름대로의 원칙을 만드는 이유가 있다고 하겠다.

표1. 국내 자동차 제조 3사의 오일교환 추천 사항

		현대자동차 (아반테 기준)	대우자동차 (르망 기준)	기아자동차 (아벨라 기준)
윤활유 성능		API SG 7.5W/30, 10W/30	API SG 5W/30	API SG 7.5W/30, 10W/30
신차 길들이기		2,000km까지 무리한 운행 자제 필요(오일 교환 단서는 없음)	1,000km까지 무리한 운행 자제	1,000km 오일 점검 (운행조건 단서 없음)
엔진오일	정상조건	10,000km	10,000km	10,000km
	가혹조건	5,000km	5,000km/3개월	5,000km/3개월
가혹조건의 사례		<ul style="list-style-type: none"> • 짧은 거리 반복주행 • 모래, 먼지가 많은 지역 주행했을 때 • 공회전을 과다하게 계속시켰을 때 • 32도 이상의 온도에서 교통체증이 심한 곳을 50% 이상 주행했을 때 	<ul style="list-style-type: none"> • 주행거리가 3개월 간 5,000km 초과시 • 고속도로, 산악지역, 모래길, 해안부근 등 차를 혹사하여 사용한 경우 	<ul style="list-style-type: none"> • 먼지길 주행 • 짧은 거리를 주기적으로 운행 • 한냉지역에서의 주행이 많을 때
오일필터		엔진오일과 동일	10,000km	엔진오일과 동일
에어필터		40,000km 가혹조건시 5,000km 마다 점검	20,000km	30,000km 비포장도로 주행시 수시점검 교환

그러면 우리가 엔진오일의 성능기준을 따르고 있는 북미지역의 자동차 제작사는 어떠한 추천 기준을 제시하고 있을까? 표2에 BIG3의 오일교환 추천사례를 정리하였다.

이 경우 교환주기는 가혹조건의 경우 4,800km 이고, 정상조건인 경우는 12,000km로서 우리나라의 경우와 비슷하고 특정 모델에 대하여만 16,000km(정상조건)을 교환주기로 추천하고 있음을 볼 수 있다. 여기서는 우리나라의 자동차사보다 더 애매한 short trip, city, dusty라는 표현을 사용하고 있어 큰 차이가 없어 보인다. 사실 자동차 선진국인 미국에서도 엔진오일에 관한 한 소비자의 질문사항(Frequently Asked Questions)은

우리나라와 대동소이하다는 점을 internet homepage 나 newsgroup의 토론에서 발견할 수 있다.

국내 자동차사의 윤활유 추천사항은 근 10여년 간 거의 변화가 없었다. 혹자는 엔진유의 성능등급이 여러번 개선 되었으므로 교환주기도 그만큼 길어져야 하는 것 아닌가 하는 의문을 제기하기도 한다.

그리고 가혹조건이란 무엇인가? 왜 어떻게 그러한 운행조건이 윤활유의 수명을 단축시키는 것일까?

먼저 국내의 엔진오일 교환주기 추천이 10년간 바뀌지 않았다는 점이 문제가 있는지 살펴 보기로 하자.

표2. BIG3 1997 윤활유 및 필터 교환주기 추천현황

운행조건		CHRYSLER	FORD	GM
성능등급		API SH API SH/CD ILSAC GF-1	ILSAC GF-1 M2C153-F	ILSAC GF-1
교환주기	normal	7,500mile/6months	5,000mile/6months	7,500mile/12months (long trip/high way)
	severe	3,000mile/3months	3,000mile/3months	3,000mile/3months (short trip/city/dusty)
필터		every oil change 12months	every oil change sooner by change monitor	every oil change
(예외) turbo	normal	5,000miles/6months		Catera 10,000miles/12months long trip/highway with first change at 5,000 miles/3months
	severe			5,000miles / 3months for short trip/city/dusty

표3은 미국의 대표적인 차종의 엔진사양과 윤활 환경의 변천을 간략하게 표로 정리한 것이다.

이를보면 우선 자동차의 성능변화에 크나큰 진전이 있었으며 이에 수반하여 윤활유

의 성능면에서도 비약적으로 발전이 된 것을 알 수 있다. 국내에서는 대개 후반의 20여년의 발전상과 일치한다고 볼 수 있고 윤활유의 성능등급으로 보면 API SF부터 대중적으로 사용되기 시작하였다고 볼 수 있다.

표3. 엔진과 윤활유의 변천

MODEL YEAR	1949	1972	1992
최고출력, kW/rpm	25/4,200	74/5,000	96/5,600
단위배기량당 출력 kW/1,000cc	21	37	45
오일충진량, L	3.0	3.7	3.5
오일소모비율, L/1,000km	0.5	0.25	0.1
Oil change Interval, km(정상조건)	1,500	5,000	15,000
Oil Flush at oil change	yes	No	No
Used Engine Oil after 15,000km Including flushing oil	43.5	14.9	5.0
Fuel Consumption, L/km	12	10	7

이러한 엔진의 발전에 따라 엔진오일이 엔진의 요구조건을 반영하여 발전한 것이 다음과 같은 북미지역 엔진유의 품질기준인

API 성능등급의 변천사이다. 주요 성능규격의 도입연도와 사유를 정리하면 아래의 표4와 같다.

여기서 주목할 것은 API SF에서 SG로의 변화시 전세계적으로 발생한 블랙슬러지 문제를 해결하기 위하여 청정분산성과 산화안정성이 대폭 강화되었고 도심주행의 가혹성이 대두되게 되었다. 그 이후 SG부터 SJ까지의 변천은 엔진보호 측면 보다는 환경보호에 초점을 맞추어 배기가스 정화 시스템을 보호하고 연비를 향상시키기 위한 노력이 주가 되었다고 할 수 있다. 또한 엔진시험의 정확도를 높이기 위하여 Multiple ac-

ceptance Test Criteria를 도입하고 원재료의 변경 및 함량 조정시의 기준을 갖추는 등 인증체계를 재 정비하여 품질시스템의 신뢰성을 한층 높였다는데 의미가 있다고 하겠다.

이러한 점에서 자동차 제작사가 API SG 이상의 제품을 추천하는 점에는 무리가 없고 시중의 제품이 이미 대다수가 SJ급 제품으로 전환되어 소비자의 제품 선택에는 문제가 없다고 하겠다.

표4. API 엔진오일 성능 규격의 개정시기와 도입사유

성능분류	도입시기	도 입 이 유	새로운 시험법
API SE	1972	고온산화에 의한 점도증가 방지	Sequence IIIC
API SF	1980	밸브 구동 시스템 마모방지 연비 향상	Sequence IIID Sequence VD
API SG	1988	슬러지 생성 방지 (청정분산성, 산화안정성 대폭 강화)	Sequence VE Sequence IIIE
API SH	1993	Multiple test에 의한 시험 정확도 향상 배기가스 정화장치 보호 (인 함량 규제 max 0.12% w) 연비 개선	변화 없음
API SJ	1996	배기가스 정화장치 보호 (인함량 규제 강화 0.12 → 0.10% w) 연비개선 및 평가엔진 변경 증발안정성 강화	Sequence VI-A
API SK(?)	2000 예정	연비 개선 및 연비안정성 증발안정성 강화 산화안정성 강화	시험법 전면 개정

가혹조건이란?

먼저 북미 엔진유의 품질인증을 수행하는 미국석유회사가 발행한 "Motor Oil Story"에서 정의한 조건을 살펴보기로 하자.

정상 주행조건이란 먼지가 없는 포장도로를 비교적 빠른 속도로 주행하는 것이며 이 경우 자동차사 지침서의 최고 교환주기를 적용할 수 있다.

이에 비하여 가혹한 운행조건은 다음의 어느

한가지 이상을 포함하는 주행 특성을 말한다.

- (a) Trips that are less than 16.09km (10miles)
16km 이하의 거리 주행
* U.S. Bureau of Public Roads의 조사에 따르면 63%의 주행이 6mile이내의 짧은 거리의 주행이었다고 함.
- (b) Driving in dust or sand
먼지가 많은 지역 주행

- (c) Cold weather, which prevents full engine warm-up
엔진의 충분한 예열이 되지 않는 추운 날씨에서의 주행
- (d) Idling for extended driving
장시간 공회전을 하는 경우
- (e) Pulling trailers
짐차를 견인하는 경우
- (f) Operating in any other heavy-duty and severe service
기타의 고부하 또는 가혹운전

가혹조건이 윤활유의 잔여수명에 미치는 영향

이들을 가혹조건으로 분류하는 이유는 이러한 주행시 윤활유의 오염과 변질이 정상주행 조건에 비하여 가속화되기 때문이다. 엔진유의 변질요인을 정리하면 표5와 같다.

위에서 본 것과 같이 모든 조건이 잘 정비되어 있다고 한다면 윤활유의 교환주기(잔존수명)에 가장 큰 영향을 미치는 것이 바로 주행 습관(driving habit)이다.

주행조건에 따라 열화요인을 구분하여 검

토하면 표6에 정리한 바와 같이 가혹 운전 조건에서 윤활유의 변질이 보다 빨리 일어나고 있음을 알 수 있다.

이러한 주행특성의 영향을 실험 DATA를 통하여 살펴 보기로 한다.

다음의 그림2는 윤활유의 교환주기를 판정하는 기준으로 오일의 질화도(Nitration)을 주행거리 별로 측정하여 주행 특성과 교환주기의 상관성을 살펴본 것이다. (*윤활유의 질화물질은 산성도와 반응성이 높아 엔진의 부식과 슬러지, 퇴적물 생성을 촉진하므로 질화정도는 교환주기의 중요한 지표로 사용된다.) 정상주행 조건에서는 교환주기가 20,000km~40,000km에 걸쳐 분포해 있는데 반하여 police fleet와 taxi fleet의 경우는 오일의 변질이 훨씬 빨리 일어나고 있음을 알 수 있다. police fleet는 부정기적 운행과 stop & go, idling등에 의하여 한냉 운전 및 시가운전의 특성을 가지고 taxi의 경우는 고속운전 및 시가지 주행특성을 가지므로 이상적인 운전조건에서 벗어나 있는 대표적인 운전 습관이다.

[그림 2]

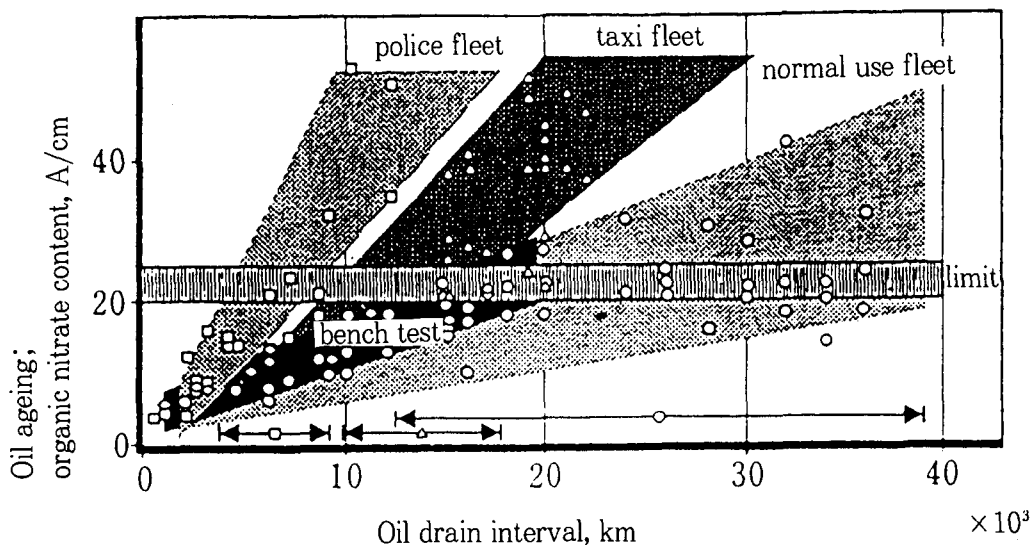


표5. 엔진오일의 오염원과 엔진 및 오일의 잔존수명에 미치는 영향

엔진오일 오염원		엔진 및 오일에 미치는 영향
마모분	도로의 먼지, 티끌	공기청정기의 설계한계, 윤활유 주입구, crankcase ventilation system, 공기흡입 시스템의 누설에 의하여 얼마간의 먼지나 티끌이 엔진으로 유입됨. ** 공기중의 먼지는 87ton/km ³
	금속 마모분	엔진의 정상마모에 의하여 발생하는 금속은 크기가 매우 작아 윤활유와 함께 순환되며 윤활유의 산화를 촉진하는 촉매로 작용하므로 일정 기준을 두고 교환주기를 관리하여야 함. 비정상 마모나 길들이기 운전시의 비교적 큰 금속 마모분은 오일필터에 의하여 걸러지나 필터의 용량을 초과하면 안전 밸브가 열려 배어링 간극으로 유입되는 경우는 치명적인 손상을 일으킬 수 있음.
연소부산물	수분(Water)	연료의 연소시 발생되며 엔진온도가 높은 정상 운전상태에서는 대부분의 수분이 배기가스로 배출되나 시동시, 냉간 운전시, 추운 날씨의 짧은거리 운행 등에 의하여 엔진 운전온도가 낮을 때는 실린더 벽에 수분이 응축하여 오일로 유입됨. 이렇게 생성된 수분은 녹을 발생시키고 슬러지를 형성하는 보조작용을 함.
	산(acid)	연료의 불완전 연소물 중 산성성분이 응축수와 같이 엔진유로 유입되면 엔진부식을 촉진함.
	검댕이(soot), 탄소(carbon)	연비가 짙은 상태에서는 불완전연소가 일어나기 쉬워 검댕이나 입자상 탄소가 생성되어 퇴적물 형성에 기여함. 이러한 조건은 고속, 고부하보다는 의외로 저속, 저부하 조건에서 더 많이 생성됨.
	미연소 연료	시동시나 엔진의 연비조정이 비정상적인 경우 미연소 연료가 액상으로 실린더 벽에 응축되어 엔진오일로 유입되는 경우 엔진오일의 점도가 저하되어 유막강도가 약해지고 오일 소모를 촉진시킴. 고속, 고온 운전에서는 유입된 가솔린이 끓어 배출되므로 이러한 문제는 감소함.
	질소산화물 (NOx)	배기가스중 질소산화물을 저감하기 위하여 일부분을 연소실로 재투입하는 EGR(Exhaust gas recirculation)에 의하여 연소실 내 농도가 높아진 NOx가 blow-by(연소실 내 가스가 그랭크케이스로 누설 되는 경우)에 의하여 엔진유에 유입되며 반응성이 높아 윤활유 및 연료 미연소물과 반응하여 질화(nitration)슬러지를 유발함.
산화생성물	고온에서는 윤활유의 탄화수소가 공기 중 산소와 반응하여 다양하고 복잡한 화합물을 형성하는데 이런 물질이 엔진 내벽에 부착되어 열변성을 일으켜 resin, varnish를 형성함. 이러한 varnish 물질은 탄소상 물질과 결합하여 퇴적물을 만들어 원활한 기계운동을 방해함.	

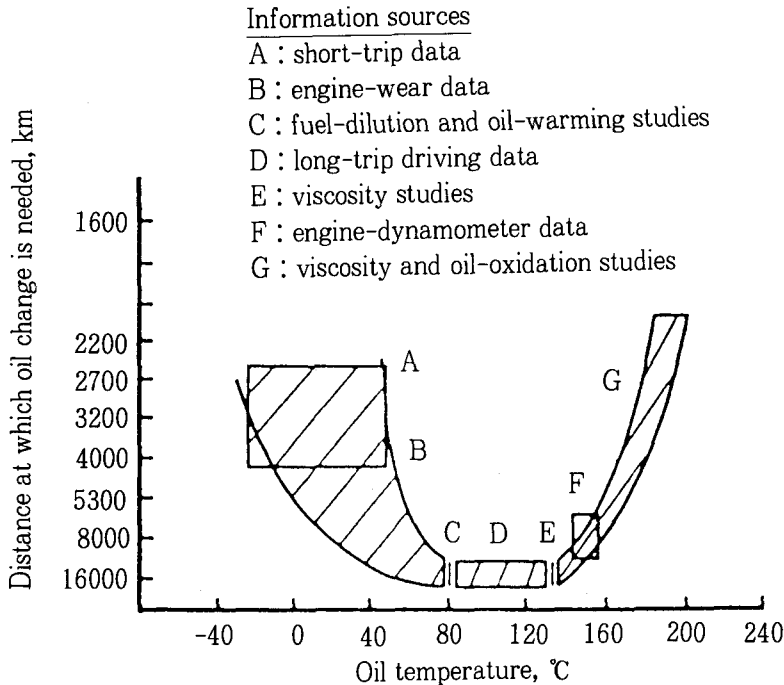
표6. 주행특성과 윤활유 변질요인의 관계

주행특성	한냉시 단거리 주행	시가지 주행	고속주행
냉각수 온도	낮음	낮음~중	높음
오일의 열화요인	가솔린 희석 수분혼입에 의한 ZnDTP 의 가수분해 청정제 탄산염의 결정화	연료 불완전 연소물의 질 화(nitration). 특히 수분이 많은 냉간운 전시 현저함	고온자동산화 기유증발
열화 가속인자	수분, 유기산	수분, NOx 불완전 연소 연료,	NOx, 연소라디칼, 산소, 고온,
오일의 변질	점도저하 내마모제 소모 TBN 감소	불용분(슬러지) 생성	점도증가, 전산가 증가

또 한가지, 엔진이 충분히 더워지지 않는 조건에서의 교환주기가 훨씬 짧다는 DATA를 그림3을 통하여 알 수 있다. 일반적으로 정상적으로 운전되고 있는 엔진 sump의 온도는 80~120℃로서 이 경우는 엔진오일에 유입되는 오염물(수분, 연료, 질소산화물 등)의 증발성이 높아지고 엔진의

적당한 회전으로 PCV(positive crankcase ventilation)valve를 통하여 적절히 제거되므로 엔진오일의 변질이 최소화된다. 반면에 엔진오일의 온도가 낮은 경우에는 위에서 설명한 바와 같이 이러한 오염물이 응축수와 같이 엔진오일로 유입되어 각종 화학반응을 일으켜 변질이 가속화된다.

[그림 3]



그리고 장시간 고속운전을 한다든지 무거운 짐을 견인 한다든지, 출력이 낮은 차량에 에어컨, 자동변속기, 파워 스티어링 등의 각종 선택사양을 장착한 경우, 엔진에 과부하가 걸려 엔진오일의 온도가 120℃를 초과하는 경우 열에 의한 윤활유의 자동산화가 촉진되어 오일의 변성이 쉽게 일어나는 것이다.

다음에는 실례를 들어서 도심주행이 엔진오일의 변성에 미치는 영향을 살펴보기로 한다. 시험오일은 100% 합성유의 수입완제

품을 직원차량에 사용하여 평가한 것이다. (특정 차량의 data를 사용하여 사례를 드는 것은 바람직하지 않으나 성능이 우수하여 교환주기가 대폭 증가할 것으로 기대되는 합성유 제품이 대표적인 도심주행 차량에 의하여 전산가가 크게 증가하고 산화 및 질화가 많이 진전 되었다는 것은 도심주행이 엔진오일에 미치는 악영향을 극적으로 보여준다고 하겠다.)

시 험 조 건

엔진오일	합성엔진유 수입완제품 API SJ/CF A3/B3
시험차량	2,000cc DOHC, Automatic Transmission
사용기간	'98. 1~'98. 8(8개월)
주행거리	11,000km(총 주행거리 20,000km)
주행특성	강남-여의도 출퇴근(88도로 이용, 왕복 30km)

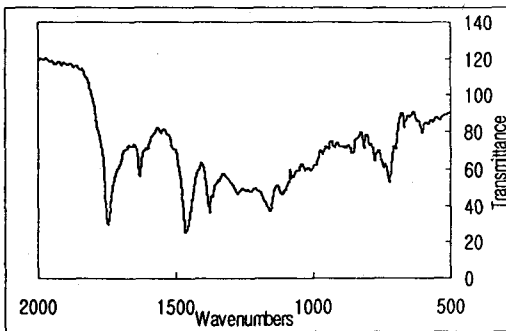
분 석 결 과

시 험 항 목	시험방법	사용유	신 유	변화량	추 권 교환기준
외양	육 안	Dark	B&C		
동점도 cSt@ 40℃	D 445	81.37	75.07	8.3%	+ -25%
@100℃		14.24	13.92		
전산가, mg KOH/g	D 664	7.76	2.15	+5.16	3
전염기가 mg KOH/g	D 2896	2.12	8.52	-6.4	3
수분, Crackle		없음	없음		0.2vol%
펜탄 불용분, wt%	D 893	3.85	없음		1.5%
연료유 함유량, Vol%	D 332	1.2	없음		Max 3
ICP 마모분 ppm	D 5185				
Al/Cr/Cu		32/5/19	없음		40/40/40
Fe/Pb/Si		39/-/80			100/40/20
ICP 첨가제성분 ppm	D 5185				
Zn/P		1142/834	944/899		
Ca/B		1676/123	1567/?		
Mg		568	?		

평 가 의 견

점도특성	11,000km주행 후에도 SAE 40의 점도 등급을 유지하고 있음. 점도지수향상제의 전단에 의한 점도 감소 후의 점도 증가가 일어나고 있으나 합성유의 우수한 산화안정성으로 광유계 윤활유 대비 점도 증가는 크지 않음.
화학적 특성	간존 산중화 능력을 나타내는 전염기가(TBN)가 대폭 감소되었으며 산성물질의 생성에 의한 전산가 증가가 두드러짐. 이는 FT-IR의 1630cm ⁻¹ 에 질화 성분의 존재로 보아 도심주행의 특성인 질화물의 다량 생성에 기인하는 것으로 판단됨.(그림4) 산화 및 질화 생성물이 이미 불용분의 물질을 형성하고 있음을 펜탄 불용분으로부터 파악할 수 있음. 이를 장기간 방치시는 엔진 내에서 퇴적물이 열변성되어 varnish 와 deposit를 형성하고 엔진 고장으로도 이어질 수 있음.
마모금속분	주행거리에 비하여 마모금속의 증가는 현저하지 않음. 단 오일 중 규소성분이 증가하여 에어필터 및 흡입계통의 누설 여부 점검이 필요함.
종합판정	현재 상태에서 계속주행이 가능하나 화학적으로 크게 변성되어 잔여수명이 얼마 남지 않아 전량 교환을 추천함.

[그림 4] 사용유의 FT-IR Spectroscopy



정상조건에서는 윤활유의 수명이 연장된다.

이에 비하여 다음에는 SJ급 엔진유를 출시 하기 전 시행된 field trial을 통하여 얻

은 정상 주행조건에서의 DATA를 살펴보기로 하자.

시 험 조 건

엔진오일	API SH 5W/30, SJ 5W/30, 10W/30 (고도정제 기유 사용 제품임)
시험차량	충북지사 5대, 전북지사 5대, 1500cc 연구소 지원차 15대
사용기간	'96. 6~'96.8(3개월)
주행거리	5,000~15,000km
주행특성	정체구간 없는 지방도로 주행 지사차량은 일일 주행거리가 50km 이상

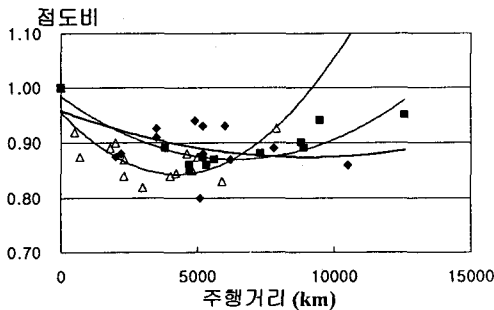
평가의견

점도특성 [그림5]	2,000~4,000km 부근에서 점도가 최저가 되며 그 이후는 완만하게 증가하고 있음. 3,000km 정도까지 점도지수향상제의 전단에 의한 점도 감소가 일어나는 것이 우세하고 그 이후는 기유의 증발 및 산화에 의하여 점도가 증가하는 것으로 판단되나 10,000km 전후 까지는 점도에 문제가 없음.
화학적 특성 [그림6, 7]	전산가 및 전염기가의 변화가 13,000km에 이르기까지 모두 3이내의 변화로 관리 한계 이내에 있음.
마모금속분 [그림8, 9]	철분과 구리와 같은 엔진의 마모량이 주행거리의 증가에 따라 증가하나 모두 관리한계 내에 있음.
종합판정	시험 모든 차량의 사용유가 계속사용 가능 범위에 있으며 특히 지사차량의 경우 주행거리가 10,000km 전후임에도 불구하고 오일의 변성이 크지 않았음.

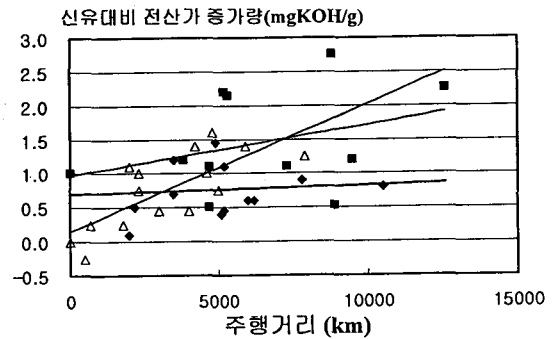
본 실험의 목적과는 다소 벗어나지만 여기서 우리가 얻을 수 있는 결론은 비교적 정상적인 주행조건에 있는 경우는 10,000km 주행도 가능하다는 평범한 사실이다. (단 엔진이 정상적으로 작동되는지, 부품이 자동차가 요구하는 품질인지, 엔진오일이 정상적인 품질인지 등 제반사항이 관리 상태에서 행하여진 시험임을 간과할 수는 없다.)

결국 문제는 엔진유 및 엔진에 대한 가혹 조건이 분명히 존재하고 이 경우 아무리 우수한 품질의 제품이라도 교환주기를 대폭 단축해야 한다는 것이다.

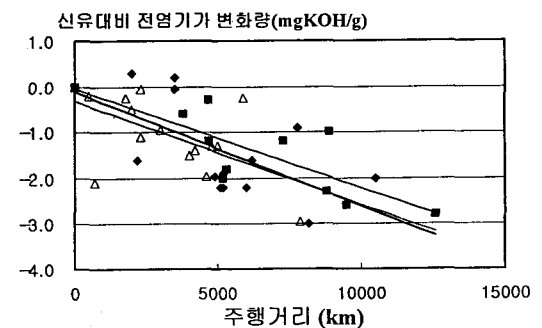
[그림 5] 주행거리에 따른 100℃ 동점도의 비변화



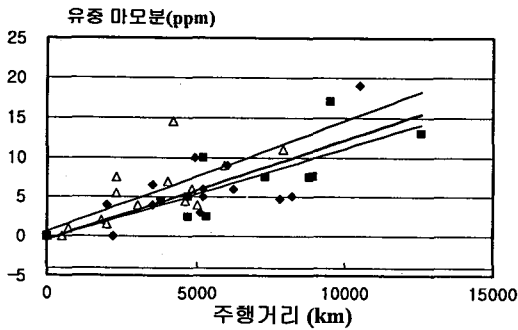
[그림 6] 주행거리에 따른 전산가(TAN) 변화



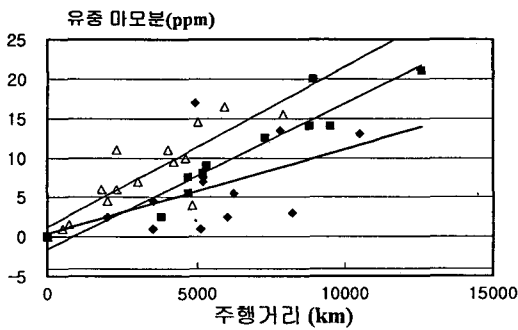
[그림 7] 주행거리에 따른 전염기가(TBN) 변화



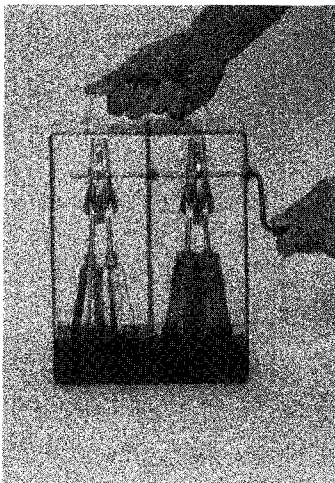
[그림 8] 주행거리에 따른 마모분(구리 Cu) 증가



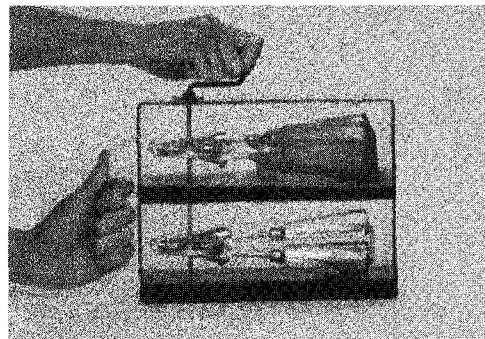
[그림 9] 주행거리에 따른 마모분(철 Fe) 증가



[그림 10] 무교환엔진유의 점탄성효과 홍보 내용



우측의 무교환엔진유는 rotor의 날개에 오일이 부착되어 타고 오름.



부착성이 있어 rotor를 옆으로 기울여도 흘러내리지 않음.

무교환엔진유의 정체는?

금년 초 공영방송에 무교환엔진유의 개발 사례가 소개된 이후 많은 종류의 아류 제품이 시중에 유통되고 있어 소비자의 의문을 더하고 있다.

판매업체는 무교환엔진유가 비뉴턴계 점탄성 오일로서 윤활부위에의 점착성이 높아, 마모를 방지하고 압축가스의 밀봉효과가 높으므로 출력이 증대되는 효과가 있다고 주장하며 이를 입증하기 위하여 특별히 제작된 demonstration kit를 가지고 다니며 시중 엔진유와 점착특성을 비교 홍보하고 있다.

[그림 10]은 일본에서 internet을 통하여 홍보중인 유사 제품의 광고이다.

윤활유가 특정 조건에서 rotor의 주위에 감겨 오르는 현상은 윤활유 업계에서 이미 알려져 있는 현상으로 발견자의 이름을 따서 Weissenberg effect라고 부르고 있다.

위 현상이 일어나는 이유는 분자량이 큰 유체를 저으면 유체의 흐름에 직각으로 Van Der Waals 힘이 작용하여 서로 붙으려는 힘이 생기므로 유체가 부풀어 오르는 시각효과가 나타나는데 이것을 점탄성(viscoelastic property)을 가진다고도 하고, 윤활개소에 부착력이 좋고 응력분산작용이 있어 마모를 방지한다고 선전하고 있다.

그러나 이 현상은 윤활개소에 대한 윤활유의 점착력이 향상되어 직관적으로 윤활성능을 향상시킬 수 있는 것으로 많이 인용되어 왔으나 다음과 같이 윤활성능과는 무관하다는 사실이 관련 학계에서 인정되고 있다. Wiesenber effect는 윤활기유에 고분자량(분자량(Mw) 100만)의 물질을 첨가하고 특정속도로 교반하면 나타나는 현상으로 이 때 윤활유분자가 겪는 전단속도(마찰면의 미끄러짐 속도)는 대략 1000 1/sec이다. 그러나 실제의 엔진에서 마찰면(실린더 라이너와 피스톤 링)은 1백만 1/sec의 전단속도로 움직이며 이 영역에서는 이러한 현상이 나타나지 않으므로 Weissenberg effect를 이용하여 엔진유가 점착성을 가지므로 더 우수한 윤활막이 형성된다는 주장은 허점이 있음을 알 수 있을 것이다.

문제의 제품은 시중에 유통되는 윤활유 완제품을 구입하여 일본에서 판매되는 첨가제를 배합한 것으로 탐문 되었으며 이 경우 기재(base material)가 되는 광유계 윤활유의 한계를 초과할 수 없다는 것이 합당한 평가일 것이다.

윤활유의 구성성분인 기유와 첨가제는 엔

진의 가혹한 환경에 의하여 열화되어 산화물을 형성하고 여기에 연료의 불완전 연소물, NOx 등이 혼입되어 강력한 산화촉매로 작용하므로 고체 이물질을 걸러주는 oil filter를 정기적으로 교체한다 하더라도 액상의 윤활제가 열화되어 노폐물이 윤활유에 축적되는 것을 막을 수는 없다.

또한 엔진유의 배합식은 모든 요소를 고려하여 첨가제의 투여량과 배합비를 정하는 반면 문제유는 별도의 첨가제를 투여하는 만큼 원래의 제품에 투여된 나머지 첨가제의 투여량은 희석되는 것으로서 설계된 대로의 성능의 발휘가 어려울 것으로 판단된다.

다음은 당사에서 시행한 윤활유의 열부하 시험 결과이다.

문제시료는 열부하 시험결과, 윤활유의 점도변화가 크고 불용성 퇴적물이 다량 생성되므로 엔진 운전시 중대한 문제가 발생될 것으로 예상된다. 시험 결과를 상세히 설명하면 다음과 같다.

ISOT(Indiana Stirring Oxidation Stability Test)시험은 KS에 규정된 산화안정도 시험법으로 165.5℃의 고온에서 구리, 철 등의 산화촉매를 넣고 윤활유를 일정시간(24시간) 교반하여 강제 열화 시킨 후 점도, 전산가, 퇴적물 등의 변성정도를 측정하여 윤활유의 산화안정성을 판정하는 방법이다.

당사에서는 시험시간을 144시간으로 연장시켜 점도, 전산가, 불용분의 항목을 비교함으로써 윤활유가 1만km 주행했을 때의 열부하를 받는 경우의 성능변화를 판별하는데 사용하고 있다.

시 험 결 과

ISOT 24시간 후	SJ 5W/30	문제시료
동점도비 @ 40℃	0.97	0.87
동점도비 @100℃	0.97	0.95
전산가 증가 mgKOH/g	0.18	0.66

ISOT 144시간 후	SJ 5W	문제시료
동점도비 @ 40℃	0.99	측정불가
동점도비 @100℃	0.94	14.37
전산가 증가 mgKOH/g	0.81	측정불가
전염기가 감소 mgKOH/g	2.38	측정불가

평가결과

점도특성	SJ 급 광유계 제품에 비하여 24 시간 후에는 점도저하가 크게 일어나고 144 시간 후에는 측정불가 할 정도로 증가하였음. 이것은 초기에는 고분자 물질이 열분해 되었다가 장기간 열부하를 받으면 산화에 의한 중합이 일어났음을 의미함.
화학적 특성	SJ급 광유계 제품에 비하여 전산가 증가 및 전염기가 감소가 극심하여 장기간 사용시 엔진 보호능력이 의심됨. 이는 첨가물질이 열부하에 매우 약하여 급격한 화학적 변화(산화)를 일으켜 배합 기재인 광유계 윤활유도 크게 변질시키고 있음을 의미함.

이상의 실험실적 평가방법에 의한 시험결과 장시간 교환 없이 사용시 점도특성이 크게 변하여 우선 주행감각에 변화가 올 것으로 예상되며 산화물질에 의하여 엔진 부식 및 퇴적물 생성이 극히 우려된다.

글을 마치며

이상에서 엔진오일의 교환주기에 있어 가혹조건의 의미와 무교환 엔진유의 타당성에 대하여 검토하여 보았다.

윤활유산업 종사자는 엔진의 발전에 맞추어 최적의 윤활유 제품을 공급하기 위하여 많은 연구개발비를 투입하고 있으며 보다 우수한 엔진보호성능과 교환주기 연장을 위하여 노력하고 있다. 그러나 애석하게도 현재의 기술로는 오일의 오염을 영구히 차단하거나 변질을 막을 수 있는 방법이 개발되지 못하였다. 알뜰한 소비생활은 합리적인 판단에 근거하여 결정하는 것이며 과대과장 광고나 근거 없는 주장에 현혹되지 않도록 주의하여야 할 것이다.

향후 윤활유의 합리적인 소비생활을 유도하기 위하여 다음과 같은 관련자의 노력이

필요하다고 판단된다.

1. 소비자보호단체는 먼저 편견이 없이 소비자의 윤활유 사용실태를 폭넓게 파악하여 문제를 제기함으로써 소비자 및 자동차제조사, 부품제조사, 윤활유제조사의 참여를 유도하여야 할 것임.

2. 자동차제조사는 윤활유제조사와 협력을 강화하여 가혹조건에 대한 소비자의 인식을 제고시키는 방안을 강구할 것. (그 일환으로 소비자에게 제공되는 취급지침에서 보다 상세한 정보를 제공할 것을 제안함)

3. 자동차제작사와 정비업체는 소비자가 자동차의 정기점검을 생활화하여 엔진이 최상의 운전조건을 가지도록, 보다 편리하고 부담 없는 환경을 제공하도록 노력할 것.

참고자료

“Motor Oils Story”, API
 자동차 가솔린엔진, 배태열외, 골든벨(1997)
[http : //www. pennzoil. com](http://www.pennzoil.com)
 井上清, 엔진유의 환경대책
 Tribologist, vol 43. No. 9(1998) 761~768