엔진 배기에 미치는 엔진유의 영향(제 2 보)

(Effects of engine oils on exhaust gas composition)

문우식, 권완섭, 이종훈, 김광현, 조연근
(주)유공 대덕기술원

1. 서론

최근 자동차에 요구되는 주요한 기술과제 중에서 최우선으로 해결해야 될 문제는 환경규제와 관련된 대응방안을 강구하는 것이다. 또한 지속적으로 강화되고 있는 환경규제를 만족하면서 소비자가 요구하는 자동차의 주행성, 안전성, 연비, 메인터난스 등과 관련된 고성능화가 추구되고 있다. 엔진유 측면에서는 배기규제, 연비향상, 장수명화 및 고성능화와 관련이 되는 성능개선이 요구되고 있다. 특히 배기 규제와 관련해서는 오일 소모량의 감소와 배기 정화 장치에의 피독작용 감소등의 측면에서 물성이 규제되고 있는데 Noack 증발 감량(250°C, 1hr)및 인 함유량 규제가 대표적인 예이다[1,2]

저자들은 서로 다른 증발 특성을 가지는 엔진유를 적용하여 엔진 배기에 미치는 엔진유의 영향을 조사하여 제 1 보[3]를 발표한 바 있다. 제 1 보에서는 엔진유 구성성분중 기유(base oil)의 정제 방법이 다른 3 종의 엔진유에 대하여 하중조건과 속도조건을 변화시켜 가면서 배기에 미치는 영향을 살펴 보았으며, 수소 분해화 공정으로 제조되는 저 증발성의 VHVI 기유를 사용한 엔진유가 고속 전부하 조건에서 NOx 저감 효과가 있다는 결과를 얻었다.

엔진유는 엔진내의 미끄럼 운동및 구름운동을 하는 부위의 윤활작용을 할 뿐만 아니라 엔진의 압축 및 폭발 행정에서, 연소실과 크랭크케이스 간의 기밀을 유지하여 연소실에서의 폭발력이 크랭크축 회전력으로 변환되는 비율을 높이는 역할도 한다. 이를 위하여는 엔진유의 윤활 성능중 강력한 유막을 형성하는 작용이 필요하다. 따라서 피스톤 링과 실린더 라이너 사이에 존재하는 엔진유는 연소실과 접하기 때문에 윤활유의 연소나 증발을 피하기 어렵다. 윤활유는 연료유에 비하여 분자량이 크고 연소성이 좋지 못하여 배기중 T.HC 의 증가를 가져온다. 따라서 최근에는 증발감량을 규제하고 있다. VHVI 기유는 저증발 감량및 고점도지수를 나타내지만 조성상의 영향으로 범용기유와는 다른 연소 특성을 나타낼 것으로 예상된다.

본 보고에서는 제 1 보의 실험에 추가하여 윤활유의 혼입이 휘발유의 연소및 배기에 주는 영향에 관하여 연구하였다.

2. 시험 엔진유 및 연료유

본 연구에 사용된 엔진유를 표 1 에 나타내었다. 엔진유 3 종은 SH 급 엔진유로서 기유의 제조 공정이 상이하여 결과적으로 증발성에서 많은 차이를 나타내고 있다. 수소 분해화 공정으로 제조한 기유인 VHVI 기유(group III)의 조성은 수첨개질(group II) 및 용제추출기유(group I)와 비교하여 매우 다르다[4].

시험에 사용된 연료유는 가솔린 청정제가 함유 되지 않은 연료유와 이것에 엔진유 I 을 1, 2wt% 함유하고 있는 연료유, 그리고 엔진유 III 을 1%, 2wt% 함유하고 있는 연료유 등 5 종이다. 연료의 옥탄가 측정을 위해서는 별도로 엔진유 함유량을 다양하게 하여 실험 하였다.

표 1 엔진유의 대표 물성

	엔진유 I	엔진유 II	엔진유 III
동점도 @40°C,cSt	62.84	71.42	62.78
동점도 @100°C,cSt	10.40	10.65	10.66
점도지수	154	137	161
인화점, °C	222	214	218
HTHS, cP	2.96	2.92	3.10
점도등급	5W/30	10W/30	5W/30
기유 분류	group III	group II	group I
NOACK, %	10.6	16.2	20.3

3. 시험

본 연구에서는 3 종류의 엔진시험을 실시하였다.

1) 엔진유가 함유된 연료유의 옥탄가 측정 시험(옥탄가 시험) [5]

2) 엔진유로 엔진유 I 을 사용하고 연료유로 엔진유가 1, 2wt% 함유된 연료유를 사용한 엔진 배기 시험(연료유 시험)

3) 연료유로 가솔린 청정제가 들어있지 않은 휘발유를 사용하고 윤활유로 엔진유 I, II, III 을 사용하는 엔진 배기 시험(엔진유 시험)

표 2 엔진 배기 시험 조건

엔진	ELANTRA DOHC 1.6 L
배기량	1595 cc
냉각수 온도	85 ± 2 ℃
윤활유 온도	92 ± 2 ℃
연료중 엔진유 함유량	0wt%,1wt%,2wt%
사용 엔진유	엔진유 I, II, III
속도조건	1000,2000,3000 rpm
하중조건	100(w.o.t), 50, 25 %

옥탄가 실험에서는 엔진유 I 과 엔진유 III 을 0.2 ~ 2.0 wt% 섞은 연료유의 옥탄가를 측정하여 엔진유의 혼입에 의한 옥탄가 변화를 살펴 보았다.

표 2 는 엔진 시험 2)및 3)에 사용된 엔진 종류 및 운전 조건을 나타낸다.

엔진오일의 온도는 엔진오일 온도 제어기에 의하여 오일 sump 의 온도가 일정하게 유지되도록 하였다. 엔진 시험은 각 운전 조건에서 5 분간 수행하였으며 배기 가스의 성분 분석은 배기가스 성분이 안정화되는 4 분 후에 배기가스를 채취하여 분석하였다. 그러나 배기 가스의 각 성분들이 4 분이 되어도 어느 한값에 고정되지 않고 계속 변동할 경우에는 그 조건에서의 시험 시간을 연장하여 배기가스 성분이 안정되었다고 판단되는 때에 측정하였다.

배기가스 성분을 측정하기 위해 사용된 장비는 MEXA-8120 으로 HORIBA 사에서 제작한 장비이다. 이 장비로는 T.HC, NOx, CO 를 비롯하여, O_2, CO_2 등을 측정할수 있다. 본 연구에서는 배기가스 성분뿐 아니라 연료 소비량, 흡입 공기량, 연료유의 온도도 측정하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 옥탄가 시험

연료유에 엔진유를 혼입한 시료유의 옥탄가를 측정하여 표 3 과 같은 결과를 얻었다. 엔진유가 들어있지 않은 연료유는 95.2 의 높은 옥탄가를 나타내었다. 시료유의 옥탄가는 혼합된 엔진유의 양에 따라 선형적으로 변화되며 엔진유의 옥탄가는 사용 기유의 종류에 상관없이 모두 0 임을 확인할수 있었다. 또한 본 결과로부터 정상적인 운전조건하에서는 오일 소모가 매우 적기 때문에 엔진 노킹에 미치는 영향은 매우 적은 것으로 판단된다.

Table3 엔진유를 함유함 연료유의 옥탄가

함량, wt%	엔진유 I	엔진유 III
0.0	95.2	95.2
0.2	95.0	95.0
0.4	94.8	94.8
0.6	94.6	94.6
0.8	94.4	94.4
1.0	94.2	94.3
2.0	93.1	93.2

4.2 연료유 시험

연료유 시험중 진부하 상태에서의 엔진 회전수에 따른 T.HC 및 CO의 조성비를 그림 1에 나타내었다. 연료유에 엔진유가 함유될 경우 T.HC의 양이 급격히 증가하고 CO가 감소함을 알 수 있다. 함유된 엔진유간의 차이는 없었으며 첨가된 엔진유의 양에 큰 영향을 받았다. 전부하 2000rpm의 조건에서 T.HC는 각각 33%, 55% 증가한 반면 CO는 6%, 12% 감소하였다.

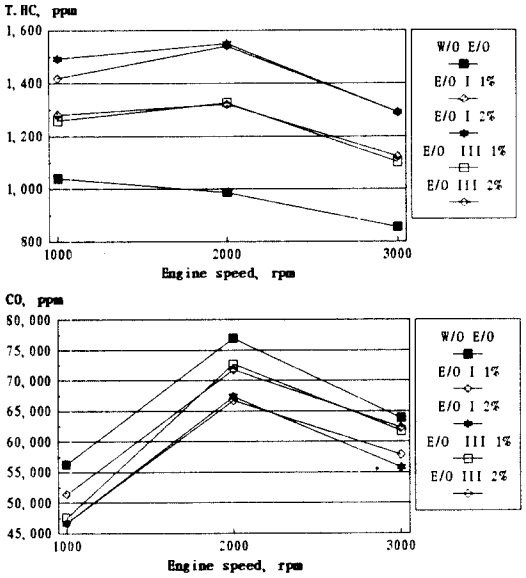

그림 1 엔진유의 혼입과 배기에의 영향, 전부하 조건

전부하 조건에서는 함유된 엔진유의 양에 따른 구분이 명확하나 부하가 낮아질수록 그 차이가 줄어들었다.

4.3 엔진유 시험

엔진유 시험중 전부하 상태에서 엔진의 회전수와 배기 가스중 T.HC, CO 및 NOx의 조성비와의 관계를 그림 2에 나타내었다.

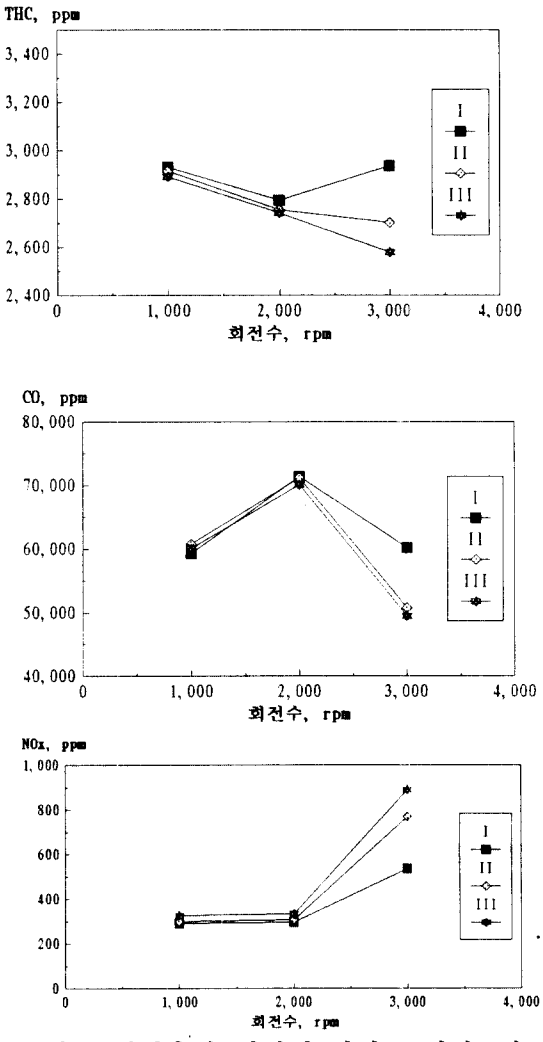

그림 2 엔진유가 배기에 미치는 영향, 전부하 조건

엔진의 회전속도가 1000, 2000 rpm일 경우는 엔진유에 따른 차이가 없으나 3000 rpm일 경우 그 값의 차이가 매우 크게 나타났다. 3000 rpm 전부하 조건에서 엔진유 I, 엔진유 II, 엔진유 III의 순서로 T.HC와 CO가 많이 나오며 NOx는 이와 반대 경향을 나타내고 있다. 기유만이 다른 I과 III을 비교할때 T.HC와 CO는 각각 12%, 18% 증가하나 NOx는 66% 감소로 현격한 차이를 나타낸다

엔진유 I, II, III 모두 100°C에서의 점도

가 비슷한 제품이므로 점도의 차이에 기인하기 보다는 정제도의 차이에 기인하여 배기가스 성분이 차이가 나는 것으로 판단된다. 수첨 개질 공정으로 제조한 기유를 사용한 엔진유 II의 경우 중간 정도의 값을 나타내고 있다.

엔진유 시험에 사용된 연료유는 이전에 사용된 연료유와 비교하여 상대적으로 방향족 화합물이 적은 연료유이며 특히 벤젠 함량은 50%이상 적은 연료유이다. 그 결과 같은 엔진유 I을 사용한 동일한 조건에서의 연소특성실험 결과와 비교하여 T.HC의 양은 많게 나타나고 CO의 양은 작게 나타났다.

4.4 고찰

옥탄가 및 연료유 시험 결과에서 엔진유에 사용된 기유의 차이에 의해서는 연소특성이 크게 영향을 받지 않음을 알 수 있다. 따라서 가해진 윤활유의 종류보다 가해진 양에 많은 영향을 받는 연소 특성을 나타내었다. 엔진유가 함유된 연료유를 사용할 경우에는 엔진유의 미연소로 인하여 T.HC의 양이 증가하고 산소부족에 의하여 생성되는 CO의 양은 상대적으로 감소하였다.

엔진유 시험에서는 VHVI 기유를 사용한 경우가 다른 기유를 사용한 경우보다 고속 전부하 조건에서 T.HC, CO가 많이 검출되며 상대적으로 질소 산화물의 양은 적게 나타났다. 이는 상대적으로 증발성이 작은 VHVI 기유를 사용한 엔진유의 경우 증발성이 적기 때문에 연소실내로 들어가는 윤활유의 양이 적게 되어 T.HC의 양이 줄어들게 된다는 예측과는 반대의 경향을 나타내는 것이다.

압축 행정에서 연소실 표면의 엔진유막이 기화된 연료유를 함유한 공기와 접촉하게 될 경우 혼합기중 연료유 성분들이 압축행정 동안 고압에 의하여 윤활유에 흡수 되어 있는 상태로 유지 된다. 배기 행정 동안에는 연소실내의 압력이 내려가기 때문에 다시 엔진유중의 연료유 성분들이 다시 기화 되어 연소되지 못하고 미연소 상태로 배출되는 것으로 알려져 있다[6].

엔진유 I의 경우는 저증발 감량에 기인하여 다른 기유를 사용한 엔진유보다 연소과정에서 보다 많은 유막을 형성하게 되는 것으로 판단된다. 이는 혼합기의 흡수체적이 증가한다는 것을 의미하며 흡수되는 연료유의 양은 이 체적에 비례하여 증가하게 된다. 따라서 엔진유 I을 사용한 경우 배출되는 T.HC 및 CO의 양이 증가하게 된다. NOx는 T.HC와의 반대 경향을 나타내므로 엔진유 I을 사용한 경우가 감소하게 된다. 그러나 T.HC의 경우 촉매을 이용하여 쉽게 산화시킬수 있으므로 생성물 중 NOx의 저감효과는 상대적으로 큰 장점이 될 수 있을 것으로 판단된다.

엔진유 시험은 엔진유의 연소실 혼입에 의한 영향보다 연료유가 연소 과정중에 엔진유에 흡수되는 것에 의하여 배기가스 조성이 더 큰 영향을 받고 있음을 보여주고 있다.

엔진유가 엔진배기에 영향을 미치는 경우 대부분 엔진오일의 증발성과 관계가 있는 것으로 생각되고 있으며 본 연구에서도 Noack 증발 감량이 다른 엔진유간에 서로 다른 결과를 나타내었다.

5. 결론

본 연구에서는 VHVI 기유, 용제 추출로 제조된 기유를 사용하는 엔진유 3종을 대상으로하여 엔진유가 배기 가스에 미치는 영향을 연구하였다. 본 연구를 통하여 얻은 결과는 다음과 같다.

1) 연료유의 옥탄가는 연료유에 포함된 엔진유의 농도에 선형적으로 비례하며 사용된 기유에는 큰 영향을 받지 않는다.

2) 연소실내에 엔진유가 혼입될 경우, 혼입되는 엔진유의 조성의 영향은 매우 미미하며 혼입되는 양에 큰 영향을 받는다.

3) 저증발 감량을 나타내는 VHVI 기유를

포함한 엔진유를 사용할 경우 T.HC의 양은 증가하고 NOx의 양은 감소한다.

참고 문헌

1. API, Engine oil licensing and certification system, API Publication 1509, Jul.29, 1996

2. M.L. McMillan, Future engine oil specifications - who, what and how ?, NPRA, FL-95-115, 1995

3. 문우식, 권완섭, 이종훈, 김광현,김성환 " 엔진배기에 미치는 엔진유의 영향 (제 1 보)", 제 24 회 한국윤활학회 추계학술대회 논문집, 1996

4. 문우식,이종훈,한수국, Performance of the engine oil formulated with a very high viscosity index basestocks," (社)日本트라이볼로지學會 會議豫稿集, 東京,pp.429-432, 1995

5. Annual book of ASTM standards, section5 petroleum products, lubricants and fossil fuels, volume 05.04, pp.47-58, 1990

6. Liu Shenghua, Zhou Longbao, Pan Keyu, Zhao Hui, and Yang Xiangfeng, " Effects of cylinder lubrication oil film on hydrocarbon emissions of SI engine," SAE paper 961913,1996