

# 國內 燃料清淨劑에 대한 考察

## A Study on Domestic Fuel Detergents

장 익 순\*, 한 규 목\*\*  
I. S. Chang, K. M. Han

### 1. 序 論

근래 엔진의 동향은, 엔진의 고성능화 및 엄격한 배기규제에 대응하기 위하여, 정밀한 전자제어에 의해 최적화된 Fuel Injection 방식을 채택하고 있다. 이런 엔진에서는 Warm Up 時 배기가스低減을 목적으로, 기화기방식 엔진보다 Lean한 혼합기를 사용하고 있으므로, 종래 기화기방식 엔진에서는 부각되지 않았던, Intake Valve Deposit에 의해 공연비가 과 Lean화 함으로써 발생하는 Cold Driveability의 악화가 새로운 문제로 대두되기 시작했다.

Injector Deposit 문제로 시작된 Fuel Injection 방식 엔진의 흡기계 오염문제는 근래에 이르러서는 Intake Valve Deposit에 의해서 초기 Cold Driveability 악화를 비롯하여, Emission 악화, 출력손실, 연비악화 등 엔진의 제반성능에 막대한 지장이 초래되는 것으로 보고되고 있다.

이에 따라 과거 기화기 및 Injector의 Deposit를 방지하기 위한 청정제(Carb./Inj. Detergents)로부터, 엔진의 흡기관련 모든 부분(Injector, Intake Manifold, Intake Port, Intake Valve)에 대한 청정성 유지(keep clean) 및 Deposit 제거(clean up)효과를 발휘하

는 강력한 연료청정제(Deposit Control Additive)의 역할이 중요시되고 있다.

근래에는 국내에서도 전자제어에 의한 Fuel Injection 방식을 채택한 엔진이 늘어가는 추세이며, 따라서 Intake Valve Deposit에 의한 문제가 발생할 소지가 점차 커지고 있으므로, 이에 대한 대비가 필요하게 되었다. 또한 국내 정유회사들도 이러한 추세에 따라 연료청정제(D. C. Additive)를 첨가한 연료를 시판중이거나 시판계획중에 있다.

따라서 국내연료청정제 및 국내 청정제 함유 시판연료의 Intake Valve Deposit에 대한 청정효과를 Engine Dynamo 및 실차(Chassis Dynamo)시험을 통해서 평가해 보고자 한다.

### 2. Intake Valve Deposit의 생성원인 및 엔진에 미치는 영향

#### 2.1 Intake Valve Deposit의 생성원인

Intake Valve Deposit는 흡입부압에 의해 Intake Valve Guide를 통해 Valve Stem을 따라 내려온 엔진오일이 Valve의 고온에 의해 산화된 물질로 알려지고 있다.

또한 다른 보고에 의하면 연료의 성분, 연소실내 생성그을음도 Intake Valve Deposit형성에 영향을 주는 것으로 알려지고 있다.

\* 정회원, 현대자동차(주) 엔진시험부

\*\* 현대자동차(주) 엔진시험부

따라서 Intake Valve Deposit의 생성에는 엔진오일의 정상, Valve의 표면온도 및 연료의 성분이 가장 중요한 요인으로 생각된다.

## 2. 2 Intake Valve Deposit가 엔진에 미치는 영향

Intake Valve Deposit가 그림 1과 같이 Valve 상면에 형성되면 Deposit가 스펀지처럼 연료를 흡수해서, 가속시는 혼합기가 Lean해지고, 감속시는 이 흡수된 연료가 Intake Manifold 부압에 의해 증발되어 연소실 내로 유입되므로 과 Rich하게 된다.

이러한 공연비의 흔들림(Fluctuation)은 Cold시 더욱 심각하게 발생하여, Hesitation, Stumble 등 Cold Driveability의 악화문제가 Intake Valve Deposit 발생초기에 대두된다. 또한 이러한 현상은 Emission의 증가, 연비

Intake Valve Deposit

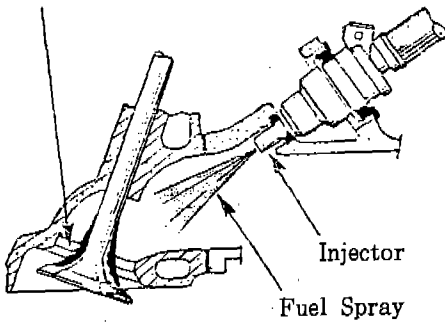


그림 1 Intake Valve Deposit의 형성

의 악화를 초래하며, Deposit가 더욱 심해지면 연소실내로 공기흡입이 방해되어 출력도 저하되게 된다.

## 3. 연료청정제의 분류

연료청정제는 문헌에 따라서는 특별히 구분하지 않는 경우도 있으나, 표 1과 같이 크게 3가지로 분류되고 있다. 아래에 그 각각에 대해 그 사용배경과 효과를 기술하고자 한다.

### 3. 1 Carb./Inj. Detergents

#### (1) Carb. Detergents

1954년에 Deposit를 Control하기위해 사용된 최초의 청정제이다.

Carburetor의 Throttle Body의 청정성 유지에 그 목적이 있으며, 비교적 저가의 첨가제이나, Intake Valve Deposit를 증가시키는 것으로 알려져 있다.

#### (2) Injector Detergents

Injector Detergent는 Injector Deposit를 Control하기 위해서 Carb. Detergent를 고농도로 사용한 것이다. 그러나 이는 Intake Valve Deposit를 더욱 증가시키는 것으로 알려져 있다.

### 3. 2 Detergent Dispersants

보다 광범위한 Intake System의 청정성 확보를 위해, 1968년에 처음으로 사용되었다. Carb./Inj. Detergents 보다는 우수하나 D. C.

표 1 연료청정제의 분류

연료청정제	성분	기능
Carburetor/Injector Detergents	Amines and Amine Carboxylates	Carb.의 Throttle Body 및 Fuel Injector의 Deposit 방지
Detergent Dispersants	Polybutene Succinimides	Carb. Th/Body, Injector, In-Manifold 및 Port의 Deposit 방지
D. C. (Deposit Control) Additives	Polybutene Amines Polyether Amines	Carb. Th/Body, Injector, In-Manifold, Port 및 Valve의 Deposit 방지 및 제거

Additive 만큼 Port 와 Valve 에 효과적이지 못하다. 즉, Intake Manifold 와 Port 에 대해 청정성 유지(keep clean)는 가능하나 Intake Valve Deposit 는 Control 불가능하다.

### 3.3 Deposit Control Additives

1970년에 처음으로 Polybutene Amine 계의 D. C. Additive가 처음으로 상품화 되었으며, 1980년 이후로는 특히 무연 Gasoline 의 청정성 향상을 위하여 Polyether Amine 계의 D. C. Additive 가 개발되었다.

D. C. Additive 와 다른 청정제의 차이는 다음 2가지로 요약될 수 있다.

① 엔진의 Intake Valve 를 비롯한 흡기계통 모든 Parts 에 대해 그 청정효과를 발휘한다.

② 청정성 유지(keep clean)의 효과만이 아니라, 다른 청정제가 가지고 있지 않은 Deposit 제거(clean up)의 효과를 가지고 있다.

## 4. 국내의 연료청정제 첨가현황

### 4.1 국 내

국내 시판연료에는 기존 Carburetor 의 청정성 유지를 위하여 Carb./Inj. Detergent 가 첨가되어 왔으나, D. C. Additive 가 첨가된 연료는 1989년에 들어서 처음으로 시판되기 시작했다. 현재 몇몇 정유회사들은 이 D. C. Additive 가 포함된 연료를 이미 시판하고 있으며, 다른 정유회사들도 D. C. Additive 가 첨가된 연료를 시판할 것을 계획중에 있다.

### 4.2 북 미

#### (1) 완성차 Maker 의 동향

여러 Maker 가 Owner's Manual 이나 자사 제품안내서를 통해서 D. C. Additive 가 함유된 연료를 사용할 것을 권장하고 있으며, D. C. Additive 가 첨가된 연료를 사용할 수 없을 경우에는 자사제품의 Fuel Additive 를 별도로 첨가할 것을 권유하고 있다. (예 : BMW 및 VW)

동시에 미국시장에서 옥탄가와와는 달리, 청정제는 첨가여부를 표시하도록 강제로 규정하고 있지 않으므로, 연료주입전 판매담당자에게 청정제 함유여부를 필히 문의할 것을 권유하고 있다.

또한, 특정 Maker 의 경우는 어느 정유회사의 어떤 Grade 의 연료가 청정제를 포함하고 있다고 소비자에게 알려주는 경우도 있다.

#### (2) 연료청정제 첨가현황

미국내 1987년 및 1989년의 청정제 종류에 따른 첨가현황을 그림 2 및 그림 3에 나타내었다. 여기에서 볼 수 있는바와 같이 미국내에서도 D. C. Additive 를 함유한 연료가 급격히 늘어나고 있음을 알 수 있다. 다음의 정유업체별 청정제 첨가현황을 보면 이러한 경향은 더욱 확실하다.

#### (3) 정유업체별 청정제 첨가현황

“Consumer Reports”지에서는 미국내 23개

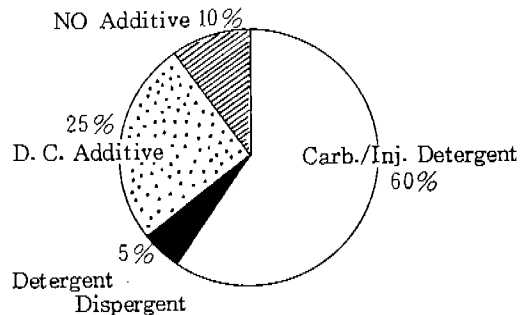


그림 2 청정제 첨가현황(1987)

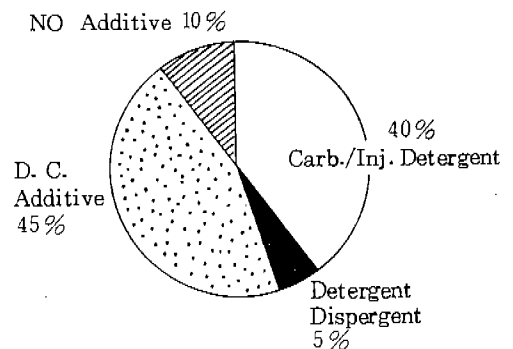


그림 3 청정제 첨가현황(1989)

정유회사에 대하여 그들의 연료가 Intake Valve Deposit에 대해 청정성을 발휘할 수 있는지를 설문조사했다.

이 조사결과는 미국내 연료의 청정제 첨가 현황을 이해하는데 상당히 도움이 되리라 생각되므로, 그 시험방법 및 설문조사결과를 표 2와 표 3에 소개하고자 한다. 참고로 완성차 Maker에서 추천한 정유회사와 표 3에서 모든 Grade의 연료가 "Unlimited Mileage" Level을 나타내는 정유회사가 일치하지는 않는다.

표 2 BMW 10,000 Mile Intake Valve Deposit Test

10,000 Mile의 실도로 주행에 의해 생성되는 Deposit 량 측정해 아래와 같이 그 Level을 판정

판 정 Level	Valve當 Deposit 量(mg/vlv)
Unlimited Mileage Level	100 이하
50,000 Mileage Level	100 ~ 250

## 5. 국내 연료청정제의 효과

### 5.1 Engine Dynamometer Test

#### (1) Test Mode Cycle

"BMW 60Hr Accel./Decel. Intake Valve Deposit Mode"를 Eng. Dy. Test 시에 적합하도록 그림 4와 같이 변경하여 사용하였다. 또한 Deposit 생성량은 Mode 전후 Valve 무게의 변화로부터 산출하였다.

#### (2) 시험엔진, 시험연료 및 시험오일

##### 1) 시험엔진의 제원

항 목	제 원
배 기 량	1997 cc
Cyl. 數	直 4
Bore × Stroke	85 × 88
압 축 비	9.0
연료분사장치 및 방식	Port Electronic Fuel Injection - Sequential
Valve Train	DOHC, 16 Valves

표 3 Consumer Reports지 설문조사결과

No	정유업체	Grade		
		Regular	Mid-grade	Premium
1	Amoco	○	○	○
2	Arco	○	<1>	○
3	Atlantic	×	×	×
4	BP	<2>	<2>	<2>
5	Chevron	○	○	○
6	Citgo	<3>	<3>	<3>
7	Conoco	<3>	<3>	<3>
8	Diamond Shamrock	×	×	○
9	Exxon	○	○	○
10	Fina	<4>	<4>	<4>
11	Gulf	×	×	×
12	Hess	<4>	<4>	<4>
13	Marathon	○	○	○
14	Mobil	○	○	○
15	Phillips 66	<4>	<4>	<4>
16	Shell	<5>	<5>	○
17	Sunoco	×	×	<6>
18	Texaco	○	○	○
19	Unocal	○	○	○

○ : Unlimited Mileage 만족

× : Unlimited Mileage 만족못함

<1> Mid-grade Gasoline 없음

<2> 주유소에 따라 Unlimited Mileage 를 Gasoline을 팔 수도 있고, 아닐 수도 있음.

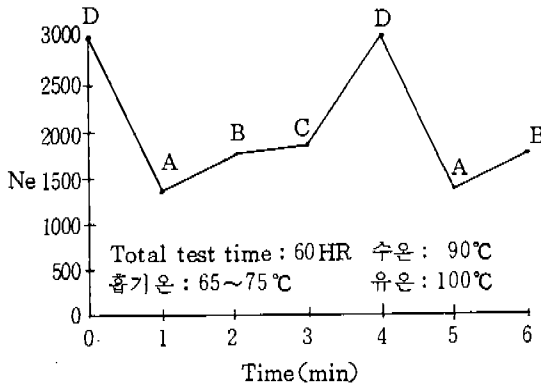
<3> 1990년, 1/4 분기중 Unlimited Mileage 를 만족하는 청정제 도입예정 단, 3개 Grade 전부다는 아님.

<4> 1990년 1/4 분기중 Unlimited Mileage 를 만족하는 청정제 도입예정 (3개 Grade 전부다)

<5> Premium Grade만 Unlimited Mileage 를 만족하나, 나머지 2개 Grade 도 동일한 청정제를 함유하고 있음.

<6> Sunoco Ultra (Super Premium Grade) 는 Unlimited Mileage 만족, Sunoco Super (Premium Grade)는 아직 시험하지 않았음.

나머지 4개사는 설문에 응답하지 않음.



Step	회 전 수 (rpm)	BMEP (bar)	흡입부압 (mmHg)
A	1,350	1.2	-480
B	1,750	1.4	-450
C	1,850	1.8	-440
D	3,000	2.0	-450

그림 4 Intake Valve Deposit Mode

2) 시험연료

표 4에 시험에 사용한 6가지 연료(S1~S6)의 Spec.을 나타낸다.

S1은 청정제를 함유하지 않았으며, S2~S4는 시험용 연료로서 동일한 청정제를 동일한 농도로 함유하고 있다. S5, S6는 시판용 연료로서 청정제를 함유하고 있다.

3) 시험오일

모든 시험에 엔진오일은 SAE 10w/30을 사용하였다.

(3) Test Cycle의 검토

Eng. Dy. 상에서 단시간내에 Deposit 생성하기 위해서는 다량의 Deposit생성이 가능한 적절한 Test Cycle의 설정이 중요하다. 이런 측면에서 상기 Cycle의 적합성을 검토하기 위하여 부압, Intake Valve 온도에 따른 Deposit량을 측정하였다. Valve 표면온도의 측정위치는 일반적으로 Valve에서 온도가 가장 높은 것으로 알려진 Neck 부위로 설정하였다.

1) 흡입부압에 따른 Deposit 생성량

그림 5 및 그림 6에 흡입부압에 따른 Deposit 생성량과 그때의 Valve 온도를 표시한다.

표 4 시험연료 SPEC(무연 REGULAR)

	S1	S2	S3	S4	S5	S6
-비중(° API)	57.9	57.5	57.5	58.5	54.3	59.0
-종류 시험						
초류점(°C)	33	33	30	33	36	34
10%종류점(°C)	49	49	49	51	61	50
50%종류점(°C)	88	89	86	85	96	90
90%종류점(°C)	143	141	141	138	142	140
종류점(°C)	170	175	170	170	180	175
잔류율(vol.%)	0.8	1.0	1.0	0.9	0.8	1.0
-증기압(RVP, kg/cm <sup>2</sup> )	0.77	0.79	0.78	0.73	0.68	
-동판부식도(50°C/3Hr)	1A	1A	1A	1A	1A	1A
-산화안정도(min)	>480	>1440	>1440	1440	>1440	>480
-납함량(g/l)	0.0005	0.0005	0.0005	0.0005	0.0004	0.0001
-유황분(wt.%)	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
-옥탄가(RON)	92.3	92.0	94.0	91.6	94.0	92.7
-청정제함유	×	○	○	○	○	○

그림 5에서 Deposit 생성량은 부압 -400 ~ -500 mmHg 사이에서 최대치를 나타낸다. 그 이유는 이 범위에서 Valve Stem을 통한 오일의 하강량이 크고, 액상연료에 의한 Washing 효과도 적기 때문으로 생각된다.

Valve 온도가 부압에 따라 증가하지 않는 것은 연료에 의한 냉각효과 때문으로 생각된다. 이 경우는 60 시간동안 정상상태로 시험하였다.

2) Valve 온도에 따른 Deposit 생성량

Valve 온도를 조정하기 위한 방법으로 수온을 Control 하였다. 수온에 따라 Intake Valve 온도는 그림 7과 같이 거의 선형적으로 비례하는 것으로 나타났다.

이때 수온에 따른 Deposit 량을 그림 8에 표시한다.

실제 Test Mode Cycle 중(수온: 90 °C)의 Valve 표면의 온도변화는 그림 9와 같다.

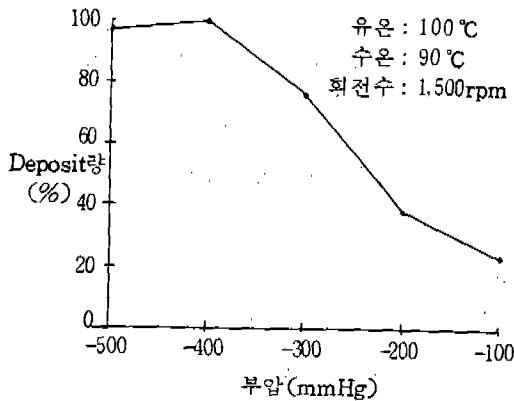


그림 5 흡입부압에 따른 DEPOSIT 량

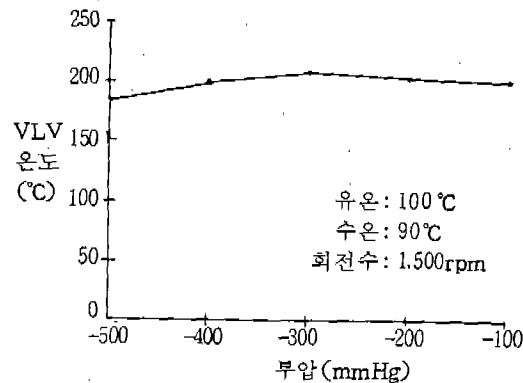


그림 6 흡입부압에 따른 VLV 온도

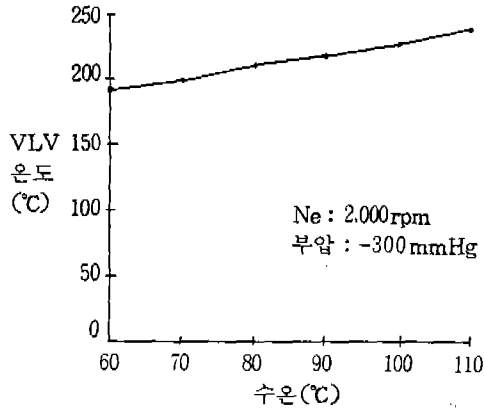


그림 7 수온에 따른 VLV 온도

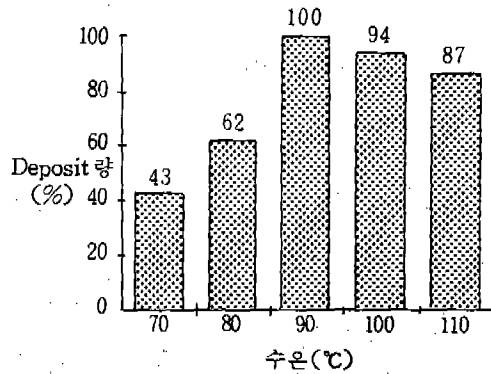


그림 8 수온에 따른 DEPOSIT 량

수온이 90 °C보다 낮을 경우는 산화하지 않고 흘러내리는 오일의 양이 많으므로 Deposit 생성량이 작으며, 그 이상의 경우는 산화되기 전에 바로 증발하는 오일의 양이 많기 때문에 Deposit 생성량이 작은 것으로 생각된다.

이상의 검토결과로 보아 그림 4와 같은 Test Cycle은 Eng. Dy. 상에서의 Intake Valve Deposit 평가용으로 적절한 것으로 생각된다.

(4) 시험결과

1) 청정제에 따른 청정효과 평가

국내에 도입되거나 도입예정인 A, B 두가지 연료청정제를 시험용 연료, S1에 첨가하여 그 청정효과를 평가하였다.

시험결과 그림 10과 같이 청정제에 따라 그 청정효과가 다르게 나타났다. 여기서 청정제

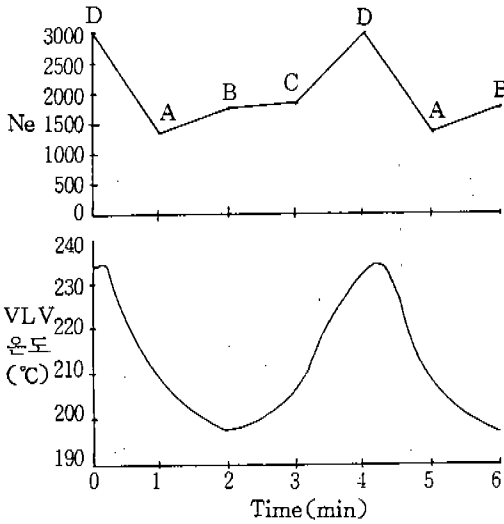


그림 9 TEST MODE 중 VLV 온도

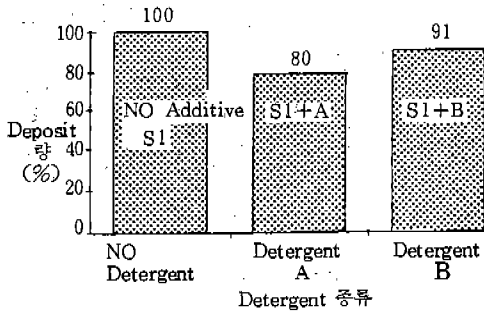


그림 10 DETERGENT에 따른 저감효과

의 농도는 Maker의 추천량을 따랐다.

2) 연료에 따른 청정효과 평가

동일한 청정제를 동일농도로 함유하고 있는 시험용 연료 S2, S3, S4에 대해 그 청정성을 평가한 결과 그림 11과 같이 청정효과는 동일 청정제라도 연료에 따라 차이가 있음이 드러났다.

3) 시판용 연료의 청정효과 평가

Eng. Dy. Test의 마지막 항목으로 국내 2개 정유회사의 시판중이거나 시판예정인 부연 Regular Gasoline에 대한 청정효과를 평가하였다.

S1, S2는 모두 청정제를 포함하고 있다고 선전되고 있는 연료들이다.

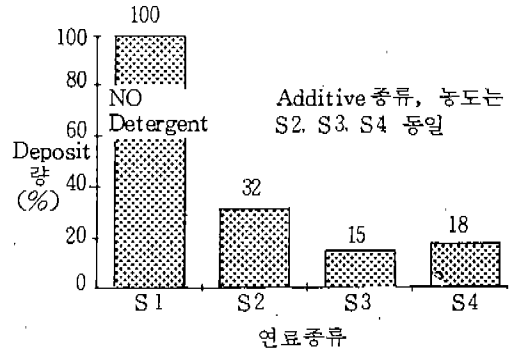


그림 11 연료에 따른 저감효과

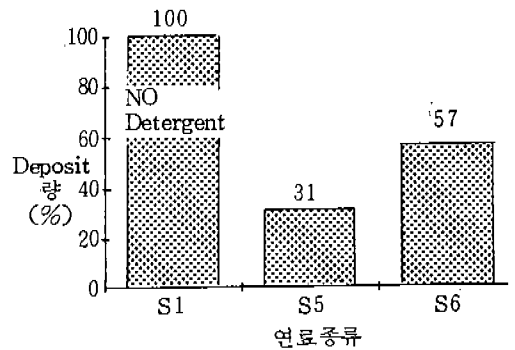


그림 12 시판용연료의 평가

그 결과를 그림 12에 표시한다(이 결과는 시험당시의 결과로 현 시판연료와 반드시 일치한다고 볼 수는 없다).

2.2 실차(CH/DY) Test 결과

실차 Test 시 Test Mode는 LA-4 Mode를 기준으로, Deposit有無, 청정제有無에 따른 Emission 값의 변화를 시험했다.

(1) Deposit有無에 따른 E/M의 차이

그림 13은 연료청정제를 포함하지 않은 연료로 15,000mile 내구주행후, Cold Trasient 구간에서의 A/F의 변동을 표시한다.

이때 생성된 Intake Valve Deposit를 인위적으로 제거했을 경우의 A/F 변동을 그림 14에 표시한다.

두 경우를 비교해 보면 Deposit에 의해서 加, 減速時 A/F의 변동폭이 훨씬 커짐을 알 수 있다.

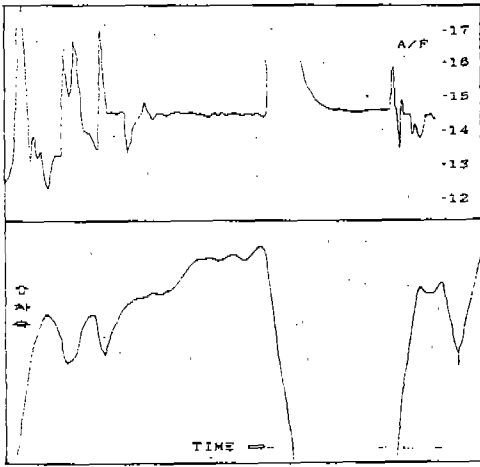


그림 13 DEPOSIT가 있을 경우

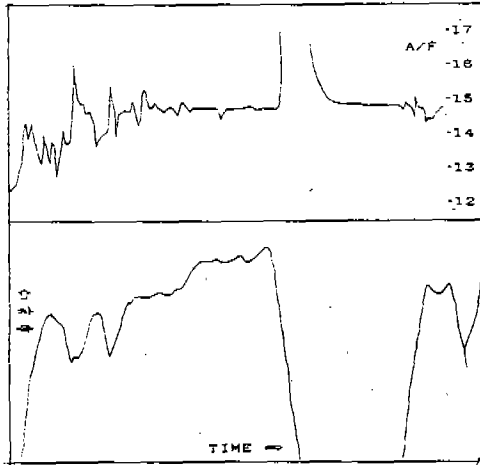


그림 14 DEPOSIT가 없을 경우

이러한 A/F의 변동은 E/M의 상승 뿐만 아니라, Driveability의 악화를 초래하게 된다.

그림 15에 Deposit 유무에 따른 E/M 값의 상대적 비교치를 표시한다.

(2) 청정제 사용 유무에 따른 E/M의 차이

이번에는 청정제가 함유된 연료를 사용하여, 15,000mile 내구주행후 E/M값을 측정하였다. 그때의 E/M값의 상대치를 그림 16에 표시한다.

그림 15와 비교해 볼 때, 청정제 포함연료 사용시는 Deposit가 없는 경우보다는 E/M

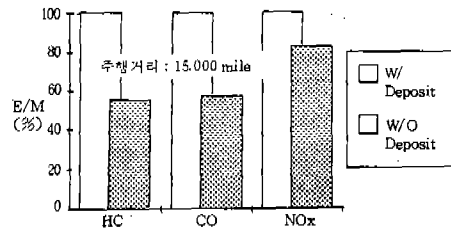


그림 15 DEPOSIT 유무에 따른 E/M

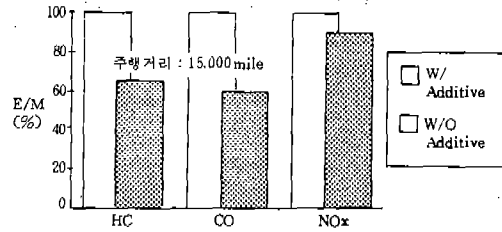


그림 16 청정제사용 유무에 따른 E/M

값이 약간 높은 수준으로 파악되나, 그 청정 효과는 뚜렷한 것으로 나타났다.

이 경우 LA-4 Mode C/T 구간의 A/F 변동도 그림 14의 Deposit가 없는 경우와 유사하게 나타났다.

## 6. 결 론

국내 연료청정제에 대해 시험한 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 국내 도입되거나 또는 도입예정인 2가지 연료청정제는 Intake Valve Deposit에 대해 청정효과를 가지고 있는 것으로 판단된다.
- (2) 동일 청정제라도 연료성분에 따라 그 청정효과는 차이가 있다.

따라서 청정제의 청정효과를 최대한 이용하기 위해서는 완성차 Maker와 정유업체간의 공동노력이 필요하다고 생각된다.

- (3) 청정제를 포함한 것으로 알려진, 또는 첨가에정인 국내 2가지 시판용 무연 Regular Gasoline의 청정효과를 평가한 결과, 그 효과에 차이는 있으나 모두 청정효과가 있는 것으로 판단된다(단, 이것은 시험당시의 결과로 현재 시판되고 있는 연료와 반드시 그 결과가 일치한다고 볼 수는 없음).



## 참 고 문 헌

1. "Intake Valve Deposit의 생성기구와 해명(I)", JSAE 892097
2. "Intake Valve Deposit의 생성기구와 해명(II)", JASE 892098
3. "국내 Premium Gasoline의 첨가제의 효과", JSAE 892106
4. "Mechanism of the Deposit Formation at the Inlet Valves", SAE 872115
5. "Performance-Robbing Aspects of Intake Valve and Port Deposits", SAE 872116
6. "Intake Valve Deposits-Fuel Detergency Requirements Revisited", SAE 872117
7. "Understanding Gasline Additives", Automotive Engineering, Jan 1990
8. "Which Gasoline for Your Car?", Consumer Reports, Jan 1990

## 알 린

1991년도 부문위원회 학술강연회 및 춘·추계학술대회 개최 일정이 아래와 같이 변경되었음을 회원 여러분께 알려드립니다.

## 아 래

구 분	개 최 일	제 목 접 수	원 고 접 수	장 소 (안)
기관, 연료 및 윤활유, 공해 부문위원회	1991. 4.27 (토)	4.6 (토)	4.13 (토)	KAIST(서울)
차체, 차량동력학 부문위원회	1991. 5.25 (토)	5.4 (토)	5.11 (토)	KAIST(대덕)
춘계 학술대회	1991. 6.22 (토)	6.1 (토)	6.8 (토)	아시아자동차 (광주)
안전, 전기 및 전자, 생산기술 및 관리, 재료, 부품 부문위 원회	1991. 9.28 (토)	9.7 (토)	9.14 (토)	기아의집(안양)
추계 학술대회	1991. 11.30 (토)	11.9 (토)	11.16 (토)	성균관대(수원)