

자동차 연료유 첨가제의 동향

Trend of Automotive Fuel Additives

심 규 성 · 한국에너지기술연구원 책임연구원
Kyu Sung Sim · Korea Institute of Energy Research



1. 개요

연료첨가제란 연료유 제품에 미량을 첨가하여 연료유 자체의 품질을 보완하거나 개선시켜 새로운 성능을 부여할 목적으로 첨가하는 물질을 말한다. 자동차의 내연기관 연료에 첨가되는 연료첨가제는 그 종류도 다양하고 첨가에 따른 효과도 다양하여 이에 대한 평가도 어려운 형편이다. 이는 사용차량의 종류가 워낙 다양하고 이들의 사용조건도 똑같지 않기 때문이다. 즉 사용엔진의 종류, 사용연한, 기타 사용연료, 주행장소, 운전습관, 계절적 요인, 차량의 노후도 등 많은 외부적 요인에 따라 사용조건이 변하고 있기 때문이다.

연료첨가제의 역할은 크게 차량의 성능향상과 환경오염 배출가스의 저감이라는 두가지 측면으로 나누어 볼 수 있다. 일반적으로 기관 내에서 연료의 완전연소를 도모하게 되면 일산화탄소나 탄화수소와 같은 불완전 연소생성물을 줄일 수 있으므로 두 가지 목적을 충족시킬 수 있을 것으로 판단되고 있다.

정유사에서 내연기관의 연료로 제조되는 가솔린과 경유 속에는 정도의 차이는 있지만 규격에 적합하도록 몇 가지의 기본적인 연료첨가제가 포함되고 있다. 크게는 취급과 저장에서 발생할 수 있는 문제를 최소화시킬 목적의 보호개선 첨가제와 엔진 운전성능을

향상시킬 목적으로 사용되는 성능향상 첨가제의 두 가지로 구분된다.

가솔린의 경우는 착색제, 산화안정도 향상제, 연료시스템 보호제, 엔진세정제, 노킹방지제와 같은 연소관련 첨가제, 윤활성능 향상제 등이 있으며 경유의 경우에는 산화방지제, 세탄가향상제, 연소향상제, 세정제, 부식방지제, 동절기 유동성 향상제 등의 첨가제가 있다.

2 가솔린 첨가제

- ① 착색제 : 착색제는 가솔린의 종류를 구분하거나 등유 또는 경유 등의 유종간 식별을 쉽게 하기 위하여 사용하고 있다. 현재 무연 휘발유는 노란색 착색제를 사용하고 있으며 대표적인 노란색 착색제는 p-메틸아미드 아조벤젠 이다.
- ② 산화안정도 향상제 : 탄화수소를 저장하거나 이들의 연소중 생성되는 검상의 물질은 내연기관에 여러가지 문제점을 야기시킨다. 이는 특히 분해가솔린에서 올레핀의 함량이 크면 검상 물질의 생성이 용이하므로 산화안정도 향상제가 필요하다. Aromatic Diamines과 Alkylphenols 등이 주로 사용되며 첨가량은 가솔린의 성상에 따라 5 내지 100ppm 가량 첨가되고 있다.
- ③ 연료시스템 보호제 : 판매되는 가솔린의 용도를

구분하기 위하여 무색의 연료에 염료를 첨가하여 필요한 색으로 착색하고 있으며 연료시스템의 부식을 방지하기 위하여 부식방지제가 첨가된다. 기타 유기물의 증식을 억제하는 Biocide나 연료 이송시 일어날 수 있는 화재를 예방하기 위하여 정전기방지제 등도 첨가된다.

- ④ 엔진세정제 : 최근 정유사들이 널리 선전하고 있는 엔진세정제는 연소에 의해 엔진계통 및 기관내에 침적되는 부착물의 예방 및 제거효과를 보이는 것으로 Polybutene Amines 이나 Polyether Amines 등이 사용되고 있다. 첨가농도는 비교적 커서 1,000 내지 2,000ppm 까지 첨가한다. 엔진세정제의 첨가는 엔진계통의 청정효과로 엔진의 성능을 향상시킬 수 있을 뿐만 아니라 유해가스의 배출량도 감소시키는 효과가 있는 것으로 평가되고 있다.
- ⑤ 노킹방지제 : 노킹방지제는 옥탄가 향상제로서 그 역할을 하며 종전에는 납을 주성분으로 하는 첨가제가 사용되었으나 최근 무연가솔린을 사용하게 되면서 옥탄가 향상을 위하여 가솔린의 구성 성분 자체가 바뀌고 있다.
- ⑥ 윤활성능 향상제 : 최근에는 윤활유의 성능이 향상되어 초기 엔진시동시의 윤활작용도 크게 향상되었으므로 가솔린에 윤활성능 향상제의 첨가는 거의 불필요하게 되었으나 피스톤 링부분에서 엔진과의 마찰을 감소시킬 수 있는 첨가제의 사용으로 연비를 향상시킬 수 있는 것으로 알려졌다. 폴리브텐을 기초로 하는 첨가제들이 계면활성제로 엔진청정제를 겸하는 윤활성능 향상제로 사용되고 있으며 내마모성이나 슬러지 생성을 억제하는 첨가제들도 사용된다.

3. 경유 첨가제

- ① 산화방지제 : 가솔린의 경우와 마찬가지로 중질유의 분해에 의해 얻어진 경유 유분에는 올레핀의

함량이 크므로 산화방지제가 필요하게 된다. 페놀류나 아민류의 첨가제가 사용되며 첨가량은 25 내지 200ppm 정도이다.

- ② 세탄가향상제 : 세탄가향상제(점화향상제)는 디젤연료가 연소실에 분무될 때 분무와 점화간격을 감소시키는 능력을 표시하는 세탄가를 높이는데 사용된다. 세탄가는 세탄(Cetane)과 Heptamethylnonane의 세탄가를 각각 100과 15로 정의하여 경유의 점화지연정도를 비교한 값이다. Alkyl Nitrates, Ether Nitrate, Nitroso 화합물 등이 세탄가 향상능력이 있으며 최근에는 값이 비교적 싼 2-Ethyl Hexyl Nitrate가 주로 사용되고 있다. 경유의 기초유분에 따라 다르지만 일반적으로 세탄가향상제 500ppm 첨가에 3 정도의 세탄가가 1000ppm 첨가에 5 정도의 세탄가가 향상되는 것으로 알려졌다.
- ③ 연소향상제 : 연소향상제는 디젤엔진 내에서 연소과정에 촉매효과를 갖는 첨가제들이다. 바륨, 칼슘, 망간 및 철과 같은 금속을 포함하는 유기금속화합물들이 가장 효과적인 연소향상제로 알려지면서 1960년대에 매연방지 첨가제로 특히 0.2%의 바륨이 성공적으로 사용되어 탁월한 매연방지 효과를 보였으나 배기가스중 바륨화합물의 독성이 문제가 되어 곧 사용이 중지되었다. 최근 환경입법을 통하여 경유의 매연에 의한 대기오염 방지로 매연의 배출규제가 강화됨에 따라 배가스의 후처리 장치개발이 이루어지고 있으나 후처리장치의 가격이 고가이고 내구성, 운전성 등에 많은 문제점을 내포하고 있다. 이에 따라 첨가제와 후처리장치를 결합하여 매연을 감소시키는 복합장치 개발에 대한 제안들이 대두되고 있다.
- ④ 세정제 : 가솔린기관에서와 마찬가지로 디젤엔진에서도 연료분무 노즐이나 기관내에 부착물이 침적되면 출력이 감소하고 매연이 증가하게 되므로 이를 예방하고 부착물을 제거할 목적으로 세정제

특집 자동차 연료 및 윤활유

를 첨가한다. 가솔린의 경우와 같이 아민, 아미이드, 이미다졸린 등의 화합물이 사용된다.

- ⑤ 부식방지제 : 경유의 수송시 파이프라인을 보호하고 경유에 녹이 오염되어 수송계통에서 필터의 막힘을 방지하기 위하여 부식방지제를 첨가한다. Alkenyl Succinic Acid, Alkyl Orthophosphoric acid, Alkyl Phosphoric Acid, Aryl Sulphonic Acid의 에스테르나 아민염들이 부식방지제로 5ppm 정도 첨가된다.
- ⑥ 동절기 유동성 향상제 : 경유는 동절기에 기온이 내려가면 경유중의 Wax가 입자화 되어 뿌옇게 흐려지기 시작하고 점차 기온이 더 내려가면 Wax 입자가 자라면서 비중이 커져 밑으로 가라앉아 Wax만 바닥에 쌓이고 윗부분은 투명한 층이 생긴다. 바닥에 쌓인 Wax가 연료관을 통하여 자동차의 엔진에 공급되다가 필터나 밸브를 막으면 경유가 더 이상 흐를 수 없게 되어 동절기 경유의 운전성 문제가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 Wax 입자의 크기를 줄여주는 첨가제나 Wax 입자의 침전이 일어나지 않도록 하는 첨가제가 개발되었다.

4. 첨가제의 역할 및 평가

이상과 같은 첨가제들은 각종 원유로부터 증류에 의해 제조되는 가솔린 및 경유의 성상에 따라 적절히 첨가함으로써 가솔린기관 및 디젤기관 연료의 첨가제로서 그 성능을 발휘하게 된다. 따라서 어떠한 첨가제를 어떤 비율로 첨가하느냐에 따라 최적의 연료를 제조할 수 있게 되어 에너지절약 효과를 가져올 수 있으며 나아가서는 환경오염 연소배가스의 배출 감소에도 기여할 수 있을 것으로 판단되고 있다.

이 같은 절약효과는 가솔린차량 및 경유차량을 대상으로, 연료첨가제 사용전후의 차량의 제 성능특성(연비, 배출가스특성(CO, HC, NOx, PM 등), 운전성 악화여부 등)을 정부공인연비 측정방법인

CVS-75모드 측정방법에 의거, 항온항습이 구비된 시험실내에서 비교 평가할 수 있다. 특히, 연비 및 유해배출가스 저감여부에 중점을 두고 첨가제 사용 전후의 차량 제성능을 비교 평가하는 것도 필요하다.

현재 국내에서 연료첨가제를 생산 또는 판매하기 위하여는 대기환경보존법 제 41조 및 제 42조에 의거 자동차 연료첨가제로 등록을 하여야 한다. 이를 위하여는 국립환경연구원 산하의 자동차공해연구소에서 연비 및 배출가스에 대한 적합성 여부에 대한 시험에 합격하여야 하며, 소관 위원회의 심사로 등록이 허가되어 시판이 가능하다.

첨가제의 성능을 평가하기 위해서는 객관적인 시험방법에 의거하여 시험분석을 수행하여야 한다. 그러나 앞서 지적한 바와 같이 내연기관에 대한 성능평가는 사용되는 내연기관의 종류, 사용 노후도 정도, 사용지역, 사용자 등에 따라 그 성능을 달라질 수 있으므로 특별한 주의가 필요하다. 결국 가능한 모든 조건을 동일하게 유지하면서 연비의 향상여부와 배출가스 농도변화에 대한 분석을 수행함으로써 첨가제의 특성을 검토할 수 있을 것이다.

그러나 첨가제의 첨가에 의한 즉각적인 연비의 개선이 이루어지지 않는다고 하여도 가속성능의 향상이나 차량의 내구성을 증진시켜주는 등 차량운행에 따른 종합적인 성능을 향상시켜 준다면 연비절약 못지 않은 에너지 절약을 가져올 수 있다.

5. 국내외 관련기술 현황 및 동향

5.1 국내의 경우

현재 국내에서 연료첨가제를 생산, 수입, 시판하는 업체는 모두 50여개사가 등록되어 있으나 등록하지 않고 시판하는 업체도 있는 것으로 파악되고 있으며 5개의 정유업체와 이곳에 첨가제를 납품하는 몇개사, 그리고 후첨가 첨가제를 제조 또는 수입하는 업체들이 대부분이다. 첨가제 제조기술은 첨가제 성분들을 주로 단순 혼합에 의하여 제조하고 있으며 각각

의 구성 성분들은 대부분 수입하고 있다.

국내 정유사에서 공급되는 연료에 추가적으로 첨가되는 첨가제의 보급시장은 소비자의 인식부족과 연료비의 추가부담에 대한 우려로 그 대상이 지극히 한정되어 있다. 이는 정유사에서 출고전 각종 첨가제의 사전 첨가로 연료절약 및 환경공해에 우수한 제품을 생산하는 것이 출고 후 추가적인 첨가제의 사용이 불필요하여 소비자에게 여러 가지로 유리하나, 경쟁 관계에 있는 업체간의 원가부담이 과중되고 차종에 따라서는 필요이상의 고급제품이 공급되는 자원의 낭비를 가져오므로 후첨가 방법이 필요하다는 의견도 있다.

국내 연료첨가제의 시장은 크게 주유소에서 판매되기 전에 연료를 제조하는 업체에서 사전에 첨가하는 첨가제와 주유시 소비자가 추가로 첨가하는 두 가지의 경우가 있다. 정유업체에서 첨가제로 파악되는 첨가물의 종류와 양은 정유사별로 그 내용이 외부에 공개되고 있지 않으며, 지금까지 첨가제에 대한 성분 분석도 이루어진 바 없었 뿐만 아니라 이에 대한 수요조사나 성능평가도 아직까지 수행되지 않고 있다.

5.2 국외의 경우

자동차의 역사가 오랜 구미 각국에서는 많은 종류의 연료첨가제가 연구 개발되고 생산, 판매되고 있다. 최근에는 Ferrocene과 같이 자동차의 배기가스에 의한 환경오염을 개선하고 연소효율을 향상시킬 수 있으며 가솔린 및 경유에 복합적으로 사용할 수 있는 유기금속화합물 등의 첨가제들이 널리 연구되고 있다.

현재 미국, 일본 및 유럽 각국의 경우 내연기관의 각종 연료절약 장치와 더불어 여러 종류의 연료첨가제들이 연비의 개선과 환경오염방지의 목적으로 제조되어 시판되고 있으며 사용중인 일부 첨가제의 경우는 유해성의 문제도 제기되고 있다.

그 일례로 최근 가솔린의 연료첨가제로 많이 사용

되고 있는 MTBE가 아래와 같은 문제를 일으켜 이의 대응방안이 검토되고 있다. 즉 옥탄가 향상제인 MTBE가 일부 가솔린 보관시설에 보관중 누출된 가솔린과 함께 지하수에 유입되어 발견되고 있다. 합산 소화합물(Oxygenates)은 대기질 개선을 위해 사용되었으나 지하수가 휘발유에 오염되면서 지하수를 섭취하는 인간이나 동물에게 암을 유발할 수 있는 물질로 인체유해성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 게다가 미국 Alaska지역에서 대기중 CO농도를 감소시키기 위해 휘발유 조성중 MTBE를 15%이상 증가시켰던 그 기간동안 가솔린 노출 작업자의 혈중 MTBE농도를 이 기간이 끝난 이후와 비교한 결과 각각 1.8 $\mu\text{g}/\text{l}$, 0.24 $\mu\text{g}/\text{l}$ 로 차이가 나는 것이 발견되었다.

MTBE의 조성을 증가시킨 기간중 작업자들에게 두통, 눈 자극, 메스꺼움 등의 건강장해가 있는 것으로 조사되어 현재 미국에서는 MTBE에 관한 유해성 평가가 진행 중이며 대기오염을 감소시켜 주는 효과가 있고 다른 옥탄가 향상제인 벤젠보다 독성이 낮으므로 MTBE의 사용을 권장해야 한다는 주장과 연구조사에서 MTBE사용으로 인한 건강장해가 확실시되었고 발암물질임이 규명되었으므로 이의 사용을 금지해야 한다는 주장이 대립되고 있다.

① 대응방법에 대한 논의 급증

캘리포니아에서 1998년말 MTBE의 사용을 점진적으로 중단할 것을 의결함에 따라 1998년말 연방정부는 MTBE의 위해성과 대기질 개선효과 및 전체 석유산업의 여건을 고려하여 대응방안을 검토하기 시작하였다.

② 대응방안의 제시

1999년 7월 미국 대통령과학자문위원회(Blue Ribbon Panel)는 대안을 제시하며 합산소화합물의 점진적인 사용억제와 함께 오염수준의 모니터링 실

특집 자동차 연료 및 윤활유

〈표 1〉 연료첨가제 세계시장 규모 (사용량)

항 목	(단위 : Million Pounds)				
	1983	1988	1993	1998	2003
Speciality Additive	305	475	630	890	1145
- Deposit Control	130	250	360	510	640
- Cetane Improvers	45	75	96	130	170
- Corrosion Inhibitors	22	28	35	46	55
- Antioxidants	8	10	12	16	21
Metal Deactivators	7	9	11	13	15
Dyes	2	4	5	8	11
Others	91	99	111	167	233
% Speciality	7.6	4.5	2.5	1.6	1.5
Total Additive	3,987	10,603	25,625	55,260	78,965

〈표 2〉 Speciality Additives 사용량 구성비

항 목	구성비 (%)
Detergents	53
Cetane Improvers	16
Corrosion Inhibitors	6
Antioxidants	2
Metal Deactivators	2
Dyes	1
Others	21

시 및 현재와 장래에 사용될 물질에 대한 철저한 검토를 할 수 있는 기관의 신설을 의회와 EPA(미국환경청)에 권고하였다.

세계의 연료첨가제 사용량에 대한 시장규모는 〈표 1〉과 같다. 이들 첨가제의 종류에 따른 구성비는 〈표 2〉와 같이 세정제가 절반 이상을 차지하고 있으며 표에서 보는 바와 같이 첨가제 사용량은 매 10년마다 2배 정도의 사용증가를 가져오고 있다.

세계의 주요 첨가제 제조업체로는 Chevron, Ethyl, Lubrizol, Exxon, Dupont, Nalco 등이 있으며, 1993년도 이들의 시장점유율은 각각 25, 17, 7, 7, 8, 7%로 추정되고 있고 기타 업체가 29%를 차지한 것으로 알려지고 있다.

6. 맺음말

자동차 내연기관에 사용되는 가솔린, 경유 등의 연료는 이들 기관에서 이상적인 연소를 통하여 가장 우수한 성능을 발휘토록 하여 기관의 효율을 극대화시키면서 긴 수명을 유지하고, 유해 배출가스의 배출을 최소화시킬 수 있도록 하는 성분으로 제조되어야 할 것이다. 이를 위하여는 원유의 증류나 크래킹 등에 의해 제조된 기본적인 유분에 일정량의 첨가제 성분들이 혼합되고 있다.

그러나 정유업체에서 제조된 연료는 수많은 종류의 내연기관에 공통적으로 필요한 성분으로 제조될 수밖에 없으며 사용되는 내연기관의 종류, 사용 노후도 정도, 사용지역, 사용자 등에 따라 그 성능을 발휘하기 위해서는 첨가제의 성분과 양이 각기 달라져야 하므로 추가적인 첨가제가 필요하게 된다.

따라서 이같이 부가기능을 갖는 첨가제의 성분과 첨가비율들을 각종의 내연기관들에 적합하도록 선정하고 개발하는 일은 상당히 어려운 일이다. 또한 이들 첨가제를 객관적으로 평가하기 위하여 동일 조건을 선정하는 기술도 애로기술의 하나이다. 따라서 자동차 연료첨가제의 개발타당성이 있는 것으로 판명되고 이에 따른 연구개발이 수행될 경우 이들에 대한 검토가 이루어져야 할 것이다.

〈참고문헌〉

- 1) Paul Degobert, Automobiles and Pollution, SAE Inc., 1995
- 2) 휘발유 및 경유 청정제, 석유와 윤활, 신년호, 석유품질검사소, 1997
- 3) 연료유 제품 첨가제의 종류 및 특성, 석유와 윤활, 신년호, 석유품질검사소, 1997
- 4) <http://www.americanlb.com/ferrocene.htm>
- 5) <http://www.me.go.kr/book/html/자동차공해분야/6-13.htm>

〈심규성 연구원 : kssim@kier.re.kr〉