

세탄가와 세탄 지수

호남정유(주) 기술이사

문 풍 길

경유를 디젤 엔진의 연료로 사용하기 위해서는 세탄가가 맞아야 한다. 경유를 엔진에 주입하면 쉽게 착화되지 않는다. 개솔린은 점화가 너무 잘 되어 탈인데, 경유는 착화가 더디어서 탈이다.

착화 지연을 수치로 표시하는 용어로서 세탄가, 세탄지수, 디젤 지수의 세 가지가 있다. 세탄가는 경유의 품질을 대표하는 가장 중요한 규격 항목이다. 세탄가의 높고 낮음에 따라 경유의 품질을 쉽게 판정할 수 있다.

세탄가가 낮으면, 연소가 거칠어 지고 검은 연기가 치솟는다. 미국 ASTM은 경유의 세탄가 규격을 40으로 정하고 있다. 우리나라 경유의 세탄가 규격은 45로 정하고 있다. 미국의 경유 세탄가 규격은 40이지만, 미국 대도시의 버스, 트럭에서는 검은 연기가 치솟는 일이 드물다. 우리나라의 경유 세탄가 규격은 미국보다 훨씬 높지만, 우리나라 대도시의 버스, 트럭에서는 검은 연기가 치솟는 일이 많다.

우리나라의 경유의 품질은 좋지만, 디젤 엔진의 구조 설계, 급가속 운전, 정비 소홀로 검은 연기가 치솟는다. 그러나 버스에 따라, 운전자에 따라, 검은 연기가 나오지 않는 경우도 많다. 고속일

수록 세탄가가 높은 경유를 써야한다. 엔진의 종류에 따라 세탄가의 요구량을 요약하면 다음과 같다.

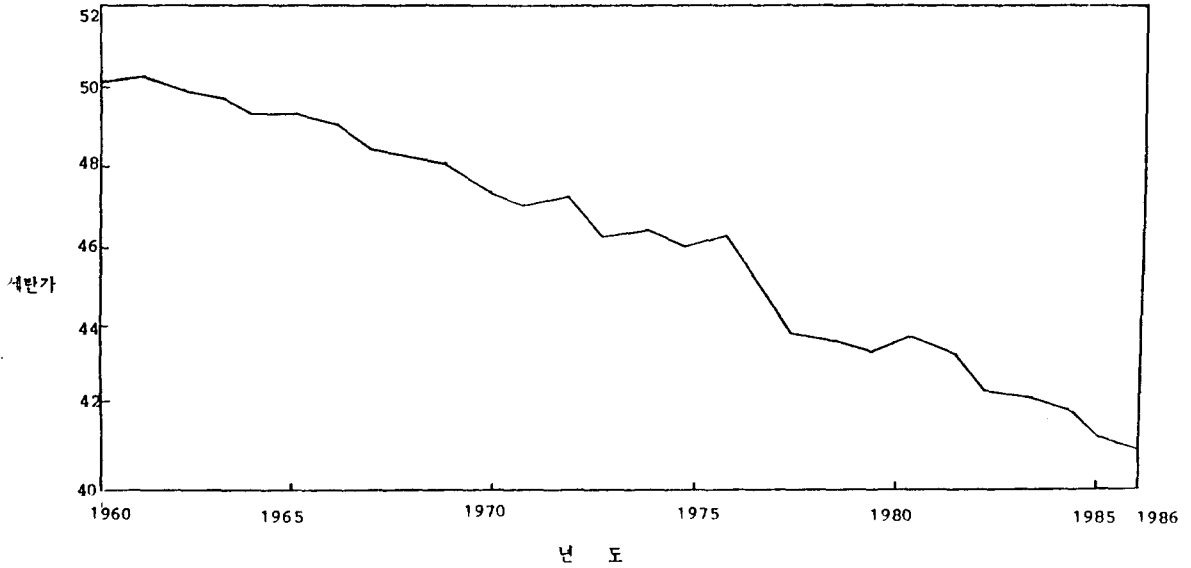
표-1 세 탄 가 요 구 량

용 도	고속디젤엔진	고속버스, 트럭 승 용 차	철도기관차	선박엔진
세탄가요구량	50	45	40	38
점도, SSU 섭씨 38 도	33	35	38	47
API 비 중	40	38	35	30
비등점, 섭씨	150-280	180-380	180-380	180-400

미국은 디젤 엔진의 성능을 향상시키기 위해서 연구 개발을 끊임없이 지속하여 경유의 세탄가를 점차로 낮추어 가고 있다. 그림-1 에 나타낸 바와 같이, 미국의 디젤 엔진의 세탄가 요구량은 50 이었으나, 디젤 엔진의 개선으로 1986년에는 세탄가 요구량이 40 까지 내려가는 데에 성공하였다. 우리나라도 디젤 엔진에 대한 연구에 박차를 가하여 에너지를 절감하여야 하겠다.

그림 - 1

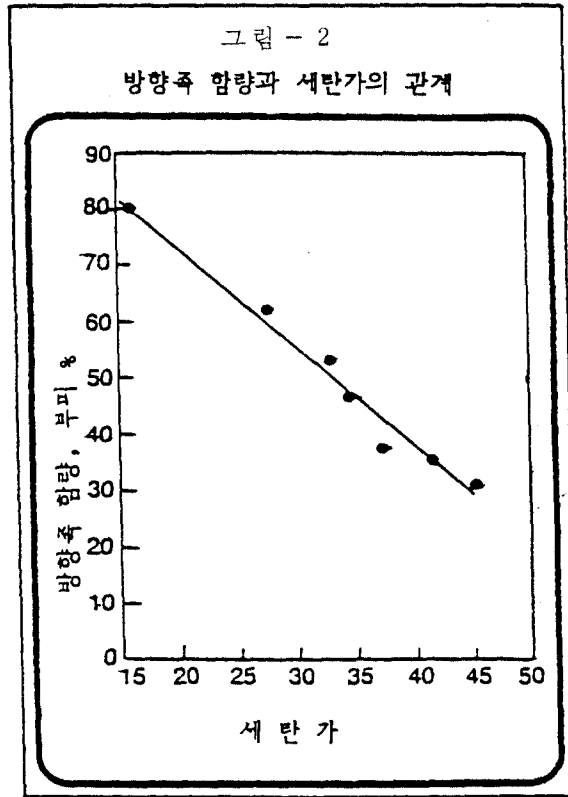
미국 경유 제품의 세탄가 요구량



세탄가와 옥탄가의 차이

경유는 착화가 잘 될 수록 고급이고, 개솔린은 점화가 더딜 수록 고급이다. 경유의 탄화수소 조성이 직선 연결의 탄화수소인 파라핀족이 많을 수록 세탄가가 높다. 이와 반대로, 개솔린은 가지가 많은 파라핀족이나 고리로 된 방향족이 많을 수록 옥탄가가 높다. 그림 - 2 에 나타낸 바와 같이, 경유에 방향족 함량이 적을 수록 세탄가가 높은 것을 알 수 있다.

직선으로 된 파라핀족은 착화 또는 점화가 쉽다. 파라핀족은 방향족에 비하여 같은 탄소 수에 대하여 수소 수가 더 많고, 수소가 차지하는 표면공간이 더 크고 넓으므로 산소가 쉽게 결합할 수 있다. 이와 반대로, 수소가 적게 붙어있는 방향족의 수소에는 산소



가 결합하기 어렵다. 세탄가는 측정이 매우 어렵지만, 옥탄가는 측정이 용이하다. 세탄가와 옥탄가는 측정이 용이하다. 세탄가와 옥탄가의 차이를 비교 요약하면 표-2와 같다.

옥탄가와 마찬가지로, 세탄가는 매우 중요한 품질 규격임에도 불구하고 세탄가 시험은 매우 어렵다. 왜냐하면, 세탄가 시험은 개솔린의 옥탄가에 비하여 정확도가 매우 나쁘기 때문이다. 세탄가 측정 엔진은 약 2억원을 들여야 설치할 수 있는 비싼 장비이다. 세탄가의 측정 결과가 엉뚱하게 나오는 빈도가 많기 때문에, 세탄가 측정 시험에 재미를 보기 어렵다.

옥탄가는 동일 기계, 동일 시험실, 동일 운전자일 때, 정밀도를

	세 탄 가	옥 탄 가
적 용 엔 진	디 젤	개 솔 린
착 화 방 식	자기 착화	전기 불꽃 점화
기 준	헵타 메틸 노난 = 15 노말 세탄 = 100	노말 헵탄 = 0 이소 옥탄 = 100
탄 화 수소 조성	피라핀 많음 방향족 적음	피라핀 적음 방향족 많음
반 복 성	0.6 ~ 0.9	0.3
재 현 성	2.5 ~ 3.3	0.7

0.3이내로 관리할 수 있지만, 세탄가는 편차가 2~3이나 되므로, 세탄가 측정 엔진을 가지고 있는 시험실 책임자는 측정 엔진을 버리고 싶은 심정 뿐이다. 세탄가 시험의 정확도, 정밀도가 나쁜 이유는 세탄가 측정 시험을 잘 못해서가 아니고, ASTM 시험 방법 자체에 문제가 있기 때문이다.

세탄가 의의와 측정 방법

디젤 엔진에서 기름의 연소는 다음 네 가지 단계로 일어난다.

1. 점화 지연

2. 압력 급상승

3. 압력 안정 및 상승

4. 팽창 행정중에도 연소

전기 스파크로 점화시키는 개솔린 엔진과 달리, 디젤 엔진 시린더에서는 연료 주입 즉시에 연소가 일어나지 않는다. 경유 연료가 압축 공기에 의해서 미세한 입자로 증발한 다음, 온도가 올라가 불꽃 없이 자연 착화하므로 착화가 지연된다. 위에 열거한 네 가지 연소 단계중 2 번째 단계인 “압력 급상승”은 두 가지 요인에 의해서 일어난다. 그 하나의 요인은, 비등점이 높은 무수한 성분으로 구성되어 있으므로 성분에 따라 착화 온도가 다르게 어떤 범위를 이루고 있다는 것이고, 다른 한 가지 요인은, 점화 단계에 연료에 시린더에 축적되는 것이다.

이 “압력 급상승” 단계를 지나면, 연료 주입속도를 조절하여 연소 속도를 안정시킬 수 있다. 압력 급상승은 불완전 연소에 의해서 일어나므로, 착화지연을 최소로 줄이는 것이 바람직하다. 착화지연을 줄이기 위해서는 연료의 질을 개선하는 방법과, 엔진의 기계적 설계를 개선하는 두 가지 방법이 있다. 기계적 설계를 개선하는 방법으로서, 연소실의 연소 분무화를 향상시키기도 하고, 주입 압력을 높여서 향상시키기도 하고, 연료와 공기 혼합을 더 격렬히 하므로써도 가능하다. 세 탄가가 높을 수록 착화가 신속히 일어나므로 연소실에 축적되는 연료의 양이 적으므로 “압력 급상승” 연소가 적기 때문에 엔진 연소가 안정하게 진행된다.

그러므로 세탄가가 높을 수록 소음이 적고, 검은 연기가 적게 나고, 배기가스 냄새도 적고, 엔진 출력이 높아져 효율이 증가한다.

세탄가가 높을 수록 추운 날씨에 시동이 쉽고, 워밍업도 순조롭다.

세탄가는 착화 지연 정도를 엔진 시험에 의해서 숫자로 표시한 것이다. 세탄가 측정을 위해서 두 가지 표준연료를 사용한다. 착화가 매우 잘 되는 노말 세탄의 세탄가를 100으로 정하고, 착화가 어려운 헵타 메틸 노난의 세탄가를 15로 정하여, 이 두가지 표준연료의 혼합비를 조정해가면서 시료의 착화 지연을 비교하여, 시료의 착화 지연에 동등한 혼합비를 발견하여 가장 가까운 정수로 표시한 것이다.

$$\text{세탄가} = \text{노말 세탄 사용\%} + 0.15 \times \text{헵타메틸노난 사용\%}$$

세탄 지수

세탄가는 매우 중요한 품질 규격임에도 불구하고, 세탄가 시험은 매우 어렵다. 세탄가 측정 시험이 어렵기 때문에, 측정 시험을 하지 않고 세탄가를 예측할 수 있는 계산식을 만들었는데, 이 계산법에 의한 세탄가를 세탄지수라고 한다.

세탄가를 영향하는 요인으로서, 탄화수소의 형태가 어떻게 생겼느냐가 가장 중요하다. 위에서 언급한 바와 같이, 방향족과 파라핀족은 서로 반대로 세탄가에 영향을 미친다. 파라핀족은 비등점이 높으면서 비중은 가볍다. 이와 반대로 방향족은 비등점은 낮으면서 비중은 무겁다. 방향족에는 탄소 수에 비하여 수소 수가 파라핀족

보다 훨씬 적기 때문에 비중이 무겁다. 그러므로 비중이 가벼우면서 비등점이 높으면 세탄가가 높고, 비중이 무거우면서 비등점이 낮으면 세탄가는 낮다. 이와같이 비중과 비등점으로 세탄 지수를 계산하는 방정식을 ASTM D-976-80 에 다음과 같이 명시하였다 (G = API 비중, M = 50 % 유출온도).

$$\text{ASTM 세탄지수} = -420.34 + 0.016G^2 + 0.192G \log M + 65.01(\log M)^2 - 0.0001809 M^2$$

에틸 회사에서 시료 약 1200 개에 대하여, 세탄가 실측 결과와 세탄 지수의 편차가 얼마나 되는지를 검토한 결과를 그림 -3 과 그림 -4 에 나타냈다. 이 두 그림에서 보면, 세탄가가 45-50 의 범위를 벗어나면 세탄지수의 편차가 커진다. 세탄가 50 이상으로 올라갈 수록 세탄 지수가 더 커진다. 세탄가가 45 이하로 내려갈 수록 세탄 지수는 더 작아진다.

세탄 지수의 편차가 너무 한 쪽으로 치우친 결점을 개선하기 위해서, 에틸회사에서는 세탄 지수 계산식을 다음과 같이 3 가지로 제안하였다. $(CI = 0.9187(\frac{G}{10})^{1.26687} (\frac{M}{100})^{1.44227}$

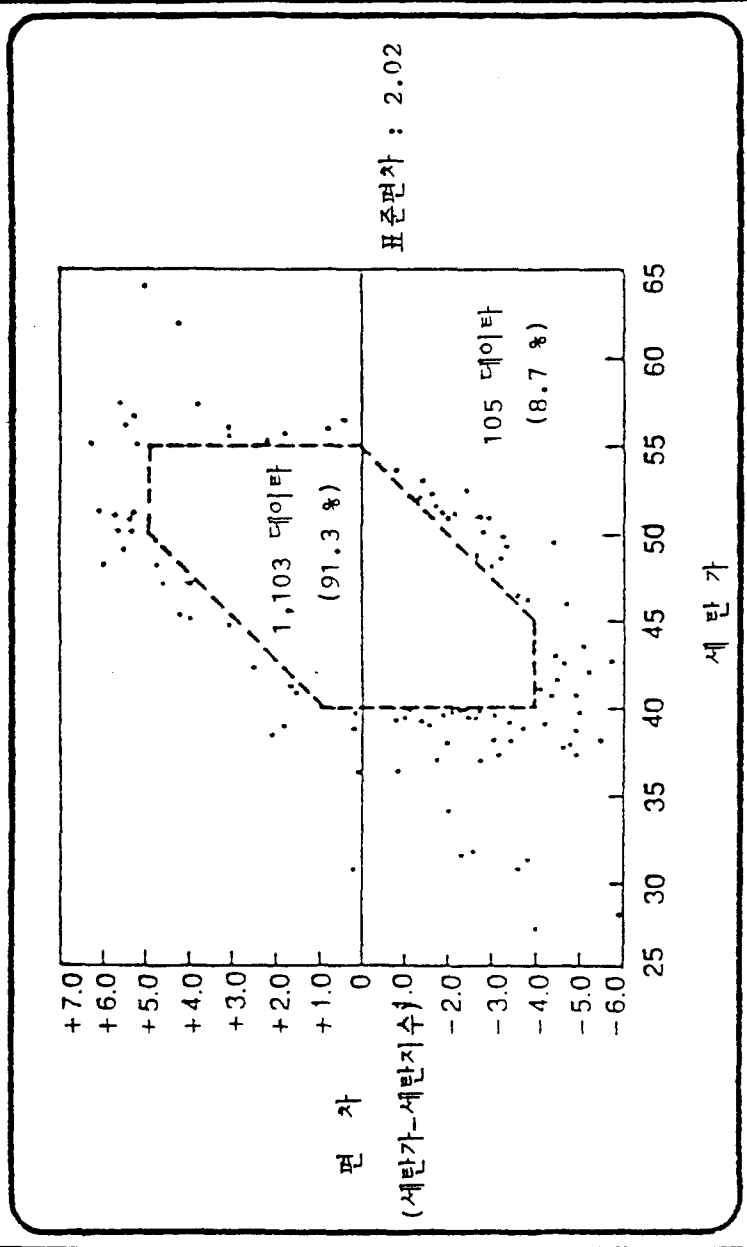
에틸 계산식 -1

$$\text{세탄 지수} = 21.843 - 0.33924(CI) + 0.018669(CI)^2$$

에틸 계산식 -2

$$\text{세탄 지수} = 12.822 + 0.1164(CI) + 0.012976(CI)^2$$

ASTM-D-976-80 에 의한
세탄지수와 세탄가와의 평균 편차



식 : $-420.34 + 0.016 G^2 + 0.192 G \log M + 65.01 (\log M)^2 - 0.0001809 M^2$

(G : 에이.피.아이 비중
M : 50 % 중류온도, 화씨)

ASTM-D-976-80 에 의한
세란지수와 세란가와의 평균 편차

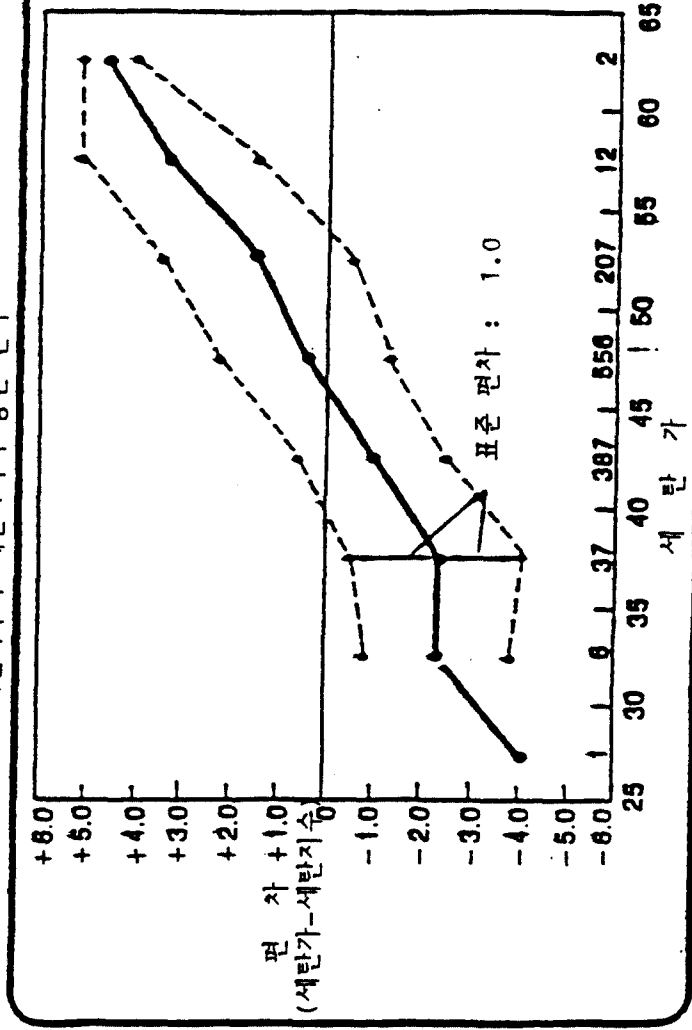


그림 - 5

에틸 계산식 -1에 의한
세탄지수와 세탄가와의 평균 편차

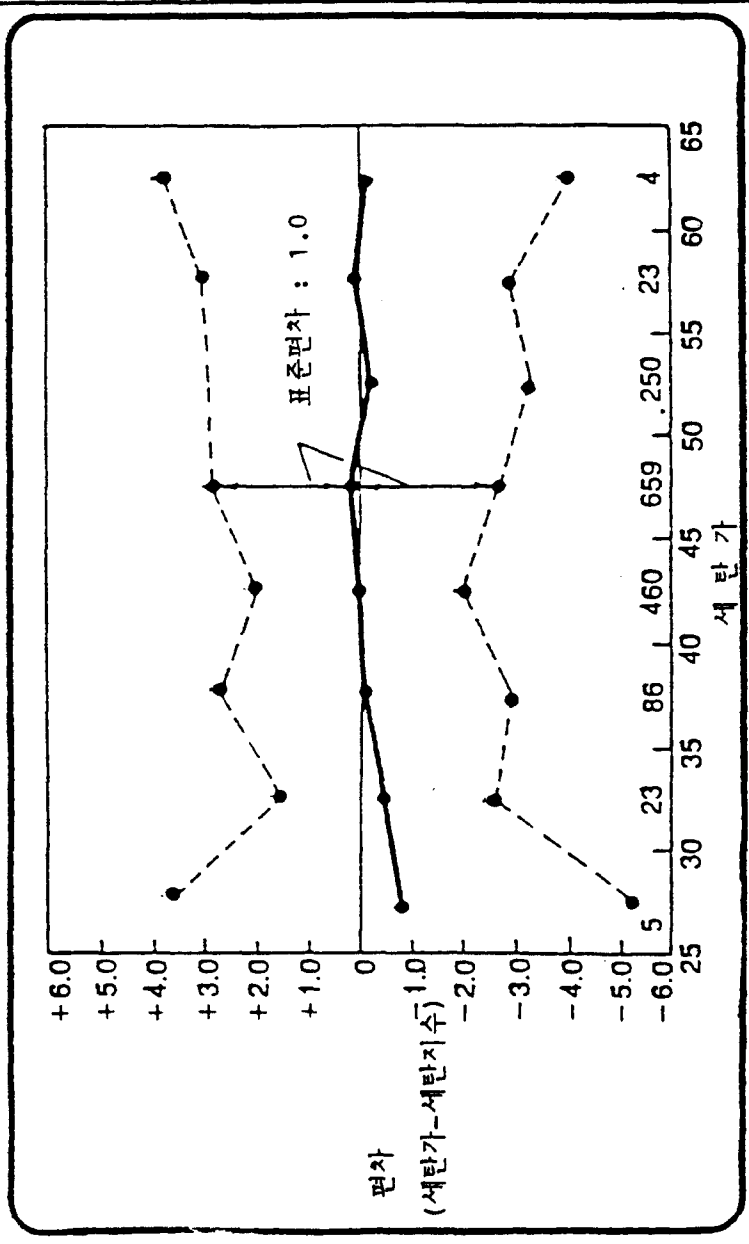


그림 - 6

예밀 계산식 - 3에 의한
세탄지수와 세탄가와의 평균 편차

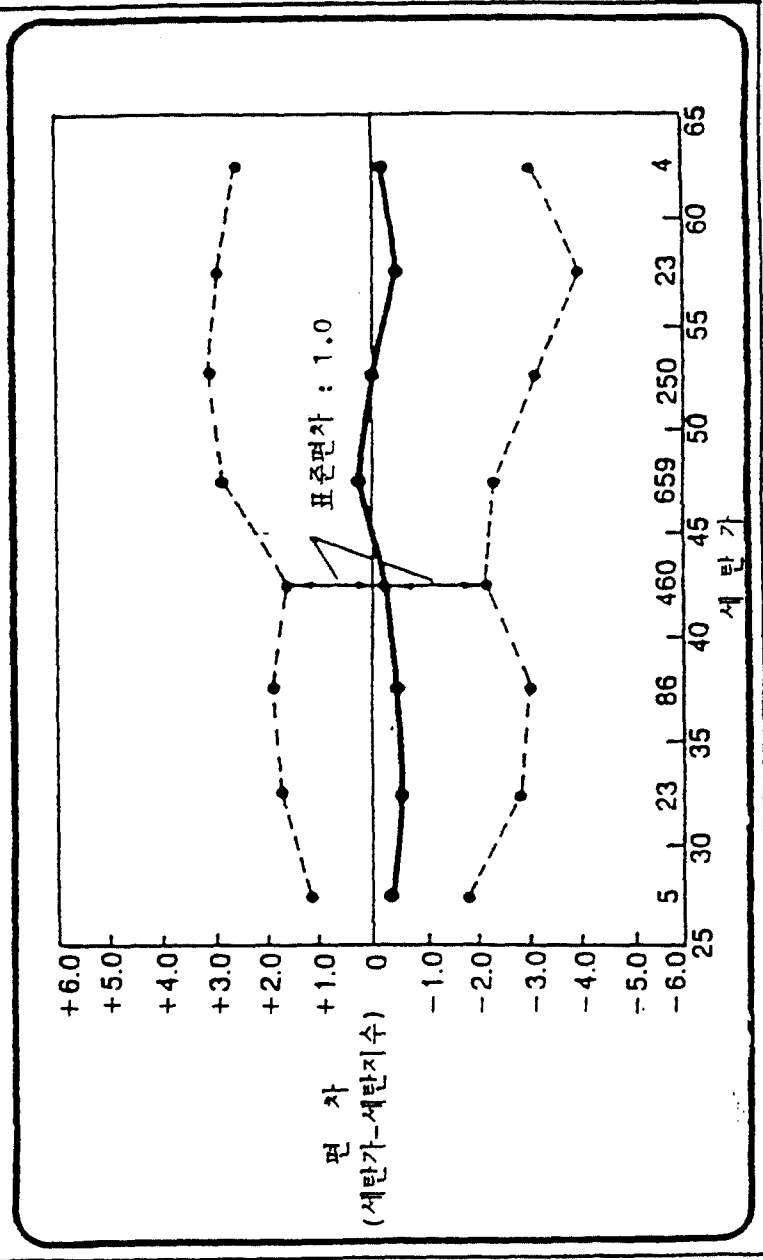
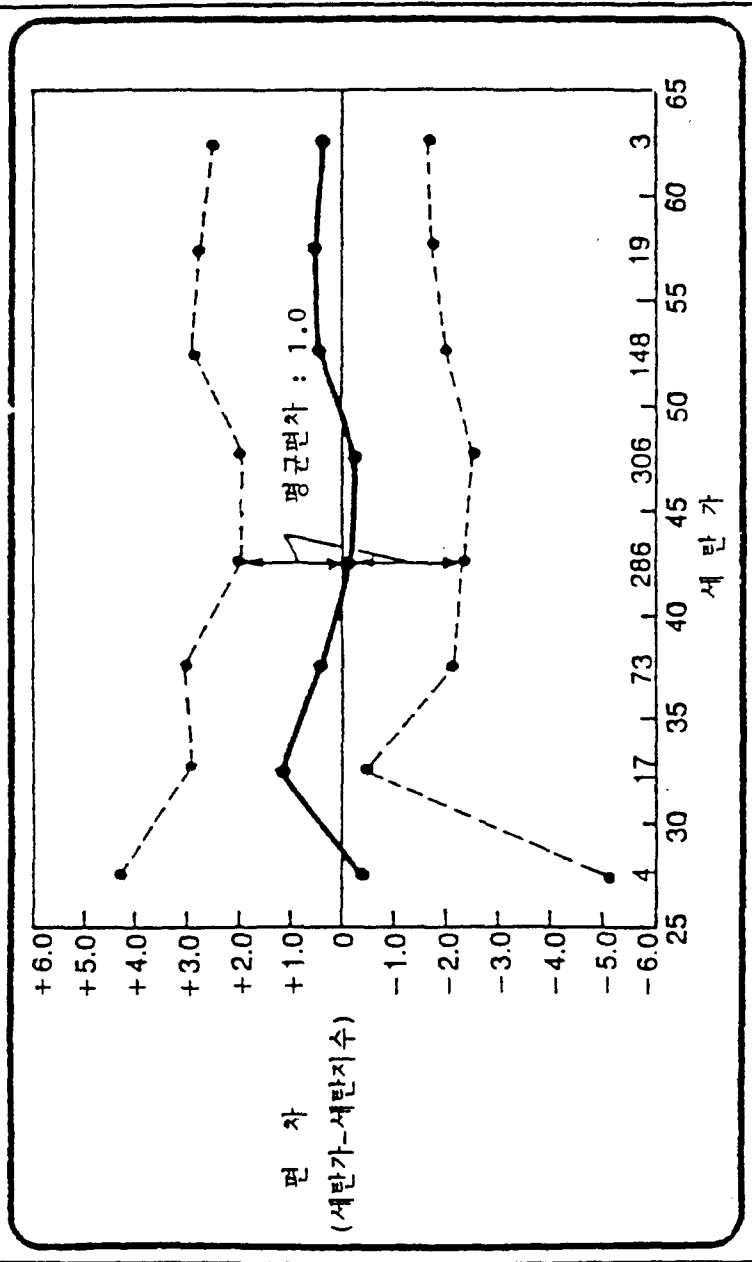


그림 - 7

예닐 계산식 - 3에 의한
세탄지수와 세탄가와의 평균 편차



에틸 계산식 -3

$$\begin{aligned} \text{세탄 지수} = & 16.419 - 1.1332 \left(\frac{AP}{100}\right) + 12.9676 \left(\frac{AP}{100}\right)^2 \\ & - 0.2050 \left(\frac{AP}{100}\right)^3 + 1.1723 \left(\frac{AP}{100}\right)^4 \end{aligned}$$

그림 -5, 그림 -6, 그림 -7 에서 보는 바와 같이, 세탄가의 모든 범위에서 세탄 지수의 편차가 고르게 나오므로, 에틸의 세탄 지수 계산식은 ASTM 세탄 지수 계산식보다 향상되었음을 알 수 있다.

세탄 지수 사용의 한정 사항

다음과 같은 시료의 경우에는 세탄 지수를 사용하지 않는 것이 좋다.

1. 세탄가 향상제를 함유한 경우
2. 순수 탄화수소, 합성 연료, 알킬레이트, 석탄 화학 제품.
3. 연료 조성이 매우 다른 여러가지 경우의 세탄가를 비교할 경우.
4. 종류점 섭씨 260 도 이하인 석유제품, 또는 원유, 중유에 가까운 제품

세탄가 향상제조는 알킬 나이트레이트와 같은 질소 성분을 함유한 탄화 수소가 사용된다. 1000 ppm 주입하여 세탄가를 3 정도 향상시킬 수 있다. 세탄가 주입 효과를 측정하기 위해서만이 세탄 엔진이 필요한 주된 이유가 된다.

디젤 지수

디젤 지수는 시료의 아닐린 용해 온도(화씨)에 API 비중(화씨 60도)을 곱해서 100으로 나눈 값이다. 시료에 방향족이 많을 수록 아닐린이 낮은 온도에서도 잘 녹는다. 방향족은 아닐린 용해 온도가 매우 낮으므로, 디젤 지수가 내려간다. API 비중은 숫자가 커질 수록 가벼워지고, 숫자가 작아질수록 무거워진다. 방향족은 비중이 무거운 편이므로 API 비중 숫자가 작아져서 디젤 지수가 내려간다. 여러가지 원료를 혼합했을 경우, 디젤 지수의 정확도가 나뉘므로 디젤 지수는 좀처럼 잘 쓰이지 않는다.