

自動車燃料로서 알코올燃料의 技術的 檢討

A Technical Aecessment of Alcohol Fuels as Automotive Fuels

趙 慶 國*
Kyung Kook Cho

I. 머리말

賦存資源이 石炭밖에 없는 우리의 立場으로서 는 날로 增大되어 가는 石油의 海外依存性, 石油價의 上昇, 石油의 供給不安定性 등으로 인하여 石油와 대체될 수 있는 새로운 에너지源의 開發이 요망되고 있다.

그러한 代替에너지의 一種으로 알코올 燃料가 많은 研究의 對象이 되고 있다.

이제까지는 대개의 研究가 SI엔진의 改良이 그다지 要求되지 않는 범위내에서 간단한 알코올/가솔린 混合燃料의 使用에 集中되어 왔다. 本 解説에서는 알코올과 가솔린의 混合燃料과 알코올만을 使用한 SI엔진, 디젤엔진에 있어서의 研究成果와 그에 따른 最近의 정보를 다룰려고 한다. 아직까지도 이에 관한 研究는 研究室 次元에서 계속 研究되어지고 있고 이러한 알코올을 利用한 엔진 概念이 商業적으로 實用化되기까지는 解決해야 할 많은 問題點이 있다.

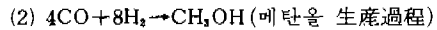
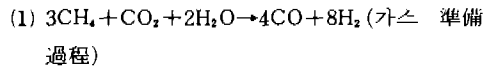
II. 본 문

1. 알코올의 生産

a. 메탄올의 生産

現在の 商業的인 生産過程은 매우 큰 규모의 工場에서 行하여지고 있다. 그 過程은 일산화탄소와 수소 觸媒工程으로 이루어져 있으며 必要한 一酸化炭素와 水素는 天然가스의 主成分인

메탄과 증기와의 反應에서 發生한다. 메탄을 生成에 있어서의 一酸化炭素와 수소의 理論混合比를 1:2로 만들기 위하여 二酸化炭素가 주입된다. 그와 같은 反應式은 다음과 같다.



가스 準備過程은 700~800°C 高温下에서 니켈을 촉매로 하여 이루어지고 메탄올 生産過程은 溫度 350~400°C, 壓力 20~35MPa 정도에서 아연/크롬을 촉매로 하여 이루어지거나 250°C의 溫度와 50~10MPa의 壓力에서 구리를 촉매로하여 이루어진다. 그러한 양쪽 工程에서 一酸化炭素의 95% 이상을 메탄올로 변환시킨다.

石炭이나 나무로부터의 메탄올 生産過程은 가스發生機에서의 部分的인 酸化過程으로부터 시작되고 이것은 基本的으로 수소, 일산화탄소, 질소, 이산화탄소, 이산화황(石炭의 경우), 그리고 소량의 高分子 炭化水素로 이루어진 가스를 發生시킨다.

이러한 가스들은 정제되고 난 뒤 메탄올 生産 工程에 必要한 比率의 一酸化炭素와 수소의 理論混合比의 比率로 나누어진다.

石炭이나 나무로부터의 메탄올 生産은 아직까지는 天然가스에 비해 상당히 방대한 設備投資를 要求하고 있기때문에 石炭이나 나무의 價格이 방대한 設備投資나 低效率性을 극복할 만큼 낮게 形成될 때까지는 經濟적으로 천연가스에

비해 경쟁성을 갖지 못 할 것이다.

各 工程의 効率性を 보면 石炭의 메탄올 生産에 對한 全体生産効率性(overall plant efficiency)은 天然가스의 메탄올 生産의 96%에 달하고 나무의 경우는 天然가스의 62%에 이른다.

절대 수치로 환산한다면 天然가스는 61.3%, 石炭은 59.0%, 나무의 경우는 38%이다.

b. 에탄올 生産

설탕이나 곡물의 발효에 의한 메탄올 生産은 매우 잘 알려져 있다. 메탄올에 비하여 에탄올은 高温, 高压를 必要로 하지 않는다.

즉, 곡물에서의 녹말은 酵素에 의하여 설탕으로 變化되고 酵母에 의하여 알코올로 變化되고 난 뒤 증류過程을 통하여 알코올은 最高 170돛수까지 分離 정제된다.

만약 200돛수의 알코올이 必要하면 보통 벤젠을 첨가한 상태에서 증류를 하게 된다. 에탄올 工程은 공장규모에 큰 영향을 받지는 않지만 Fig 1. 에서 보는 바와 같이 生産單價는 工場의 규모에 크게 영향을 받는다.

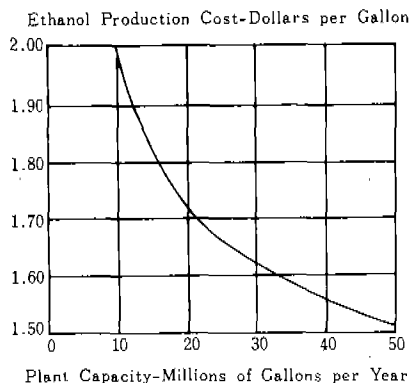


Fig. 1 Economics of scale in ethanol production

거의 모든 에탄올 發酵 工程은 商業的인 큰 규모에 依하여 이루어진다. 덜 알려져 있지만 에탄올 生産의 바로 전 단계인 發酵가 可能한 설탕으로 만들기 위하여 쓰여지는 方法으로 셀룰로오스의 가수분해를 들 수 있다.

現在 日本에서는 通産省의 지원으로 組織된 新燃料油開發技術研究組合에 의하여 植物셀룰로오스를 분해하여 燃料用알코올을 大量 生産할 수 있는데 성공하였다. 이는 셀룰로오스의 處理에서부터 설탕의 分離에 이르기까지의 一貫工程을 確立한 것이다. 그리하여 1℔當 100円 이하의 價格으로 알코올을 生産할 수 있다고 하며 장래의 自動車用 燃料로서 有望視된 點에서 英國, 벨기에 등으로부터 技術導入의 打診이 오고 있으며 今年 가을에는 技術輸出 제 1호가 탄생될 展望이다.

c. 燃料價格의 展望

메탄올과 200돛수의 에탄올, 그리고 보통의 가솔린, 디젤燃料의 價格을 表-1에 表示한다.

이 資料는 1981年 美國의 資料를 收集한 것이다(단, 세금은 포함치 아니함). 表-1에서 보듯이 生産過程의 効率性으로 價格의 引下만 어느 정도 이루어지면 石油燃料과 比較될 만한 燃料로서 使用될 수 있음을 알 수 있다. 더구나 메탄올의 生産價格은 에탄올에 비해 生産價格이 약 60% 정도이다. 에탄올의 경우는 制限된 資源과 단가가 自動車의 主要燃料가 되기에 큰 장애물이 되고 있다. 生産工程의 効率性의 향상이 기대되고 있지만 生産單價의 현저한 減小란 現在로선 도달하기 어려운 形편이다.

메탄올의 경우 石炭과 天然가스가 原料로 포함되어질 때 그 資源은 상당히 커지게 될 것이

表 1. 알코올과 石油의 價格(美國 기준)
(Based on Estimated July 1981 Wholesale Prices-Taxes Not Included)

fuel	wholesale price \$/gallon	cost of energy \$/million BTU
Methanol (from natural gas)	0.80	14.00
200-Proof Ethanol (by fermentation)	1.77	23.30
Regular Gasoline	1.03	8.80
No. 2 Diesel Fuel	1.00	7.70

고 主要燃料産業으로 유지될 것이다. 그러므로 메탄올이 에탄올보다는 좀 더 石油原料에 對해 경쟁상대력을 가지게 될 것이다(특히 石油가 石炭에 비해 價格이 급속도로 증가한다면).

2. 엔진燃料로서 알코올의 特徵

실제 엔진에서 알코올을 사용하여 많은 연구가 되어 왔다. 다음은 엔진燃料로서의 알코올의 特徵을 열거한 것이다.

- ① 알코올의 高옥탄가는 S.I엔진에 적합하며 反對로 低세탄가는 디젤燃料로서 使用하기가 용이하지 않다.
- ② 燃燒할 때 알코올은 가솔린이나 디젤보다 적은 에너지를 내고 完全 燃燒를 위한 酵素의 量은 보다 적다.
- ③ 알코올 燃料의 보다 높은 증발열은 증발 냉각효과를 상당히 增大시킨다. 동등 엔진出力에서 가솔린에 비해 에탄올은 3.7배, 메탄올은 6.4배의 증발열을 必要로 하게 된다. 이것은 디젤엔진에 있어서 소염現象을 나타내게도 한다.
- ④ 적당히 낮은 溫度에서의 알코올의 낮은 증기 壓力은 始動을 어렵게 한다. 이것은 10°C 以下에서는 補助機構나 휘발성 始動補助劑(가솔린, 에테르 등)를 必要로 하게 된다.
- ⑤ 용매로서 역할을 하기 때문에 가솔린이나 디젤燃料을 使用하게 製作된 燃料계통의 材質을 부식시킨다.

3. 엔진에 알코올燃料의 응용

3-1. SI엔진

a. 알코올-가솔린 混合燃料

現在 가장 상업적으로 많이 쓰이고 있는 것은 납성분이 없는 가솔린 90%와 에틸알코올이 10% 포함된 混合燃料이다(통칭 gasohol).

이 燃料은 납성분이 없는 燃料로 운전되는 모든 엔진에서 엔진의 改造없이 使用될 수 있다.

보통의 車에 있어서 燃料을 가솔린에서 가스홀로 바꿀 때 排氣가스에서의 변화는 그다지 크지 않다.

일산화탄소에 對한 영향은 混合비에 따라 部

分的으로 변화한다. Furey와 King이 1978年度 型 車에서 일산화탄소 27%의 감소를 보고한 바 있으나 이것은 가솔린 대신 가스홀의 使用으로 相對적으로 낮아진 混合비에 기인한다.

다른 種類의 전형적인 형태의 車에서는 탄화수소의 약간의 증가, 그리고 질소산화물의 약간의 감소, 일산화탄소의 감소를 나타내고 있다. 이 밖에 여러사람들의 배기가스의 測定에 對한 研究가 있으나 대체로 위에서 설명한 것과 유사한 경향을 나타낸다. 에탄올과 가솔린의 다른비율의 混合燃料도 SI엔진에서 使用되는데 混合비율 20%까지의 混合燃料가 브라질에서 使用되고 있다. 20% 이상의 混合燃料은 공기-연료 混合비를 初期에 理論混合비 근처나 理論混合비보다 약간 높은 쪽으로 맞추어 놓지 않는다면 엔진改造없이 使用될 수 없다. 메탄올 15%, 가솔린 85%의 燃料에서도 가스홀을 썼을때와 거의 유사한 경향을 나타낸다(表-2 참조).

表 2. 排氣가스에 對한 메탄올 첨가의 영향 (grams/mile)

	HC	CO	NO _x
Base Fuel	1.1	18	2.5
15% Methanol Blend	1.5	9	1.9

b. 알코올만을 燃料로 사용했을 경우

알코올만으로서도 이 燃料에 맞게 적절히 엔진이 製作만 된다면 엔진연료로 使用될 수 있다. 알코올은 무수알코올일 수도 있고 물/알코올 混合物로도 될 수 있다.

보통 160돛수이하(80% 알코올, 20% 물)에서도 엔진이 作動되나, 현 해설에서는 160돛수 이상의 연료만을 다루겠다. 알코올燃料를 使用할 경우는 다음과 같은 엔진改造를 必要로 하게 된다.

- ① 원하는 空燃비를 유지하기 위한 기화기의 改造
- ② 燃料계통의 材質을 알코올의 용매로서의 性質에 견딜 수 있게 한것
- ③ 吸氣매니폴드에 가해지는 열량이 충분하도록 하여야 할 것. 이것은 알코올의 증발을 돕기 위한 것으로 보통기준 가솔린車에 비해 3~6배정도 되어야 한다.

- ④ 점화진각의 조정
- ⑤ 始動性 向上을 위한 보조장치
- ⑥ 벨브와 피스톤 링을 알코올에 견딜 수 있는 材質로 바꾸어야 할것.
- ⑦ 燃料탱크가 가솔린의 경우에 비해 용적이 커야 할 것. 또 메탄올일 경우 에탄올보다 더 큰 탱크용적을 가져야 한다.

몇몇 엔진들이 단지 기화기만을 변화시켜서 알코올 연료를 사용한 경우가 있으나 作動 狀態는

始動性和 연료절약의 관점에서 그다지 바람직하지 못한 結果를 나타내고 있다. 良好한 作動상태를 나타내게 하기 위하여서는 앞에 열거한 모든 것이 다 만족되어야만 하고 이러한 점은 製造업체로 하여금 상당한 비용을 들게 할 것이다.

3-2. 디젤엔진

a. 알코올을 직접 使用할 時의 燃料의 改造 現在 使用되고 있는 燃料에 대한 最小限의 要

表 3. 石油와 알코올燃料의 성질

Characteristic	Gasoline	NO. 1 Diesel Fuel	NO. 2 Diesel Fuel	Ethanol	Methanol	Gasohol
Chemistry	Mixture of Hydrocarbons	Mixture of Hydrocarbons	Mixture of Hydrocarbons	C ₂ H ₅ OH	C ₂ H ₃ OH	90% Unleaded Gasoline 10% Ethanol
Approx. Specific Gravity @ 60°F	72 - 75	.82	.85	.79	.79	.73 - .76
Boiling Point °F °C	85 - 437 30 - 225	360 - 530 190 - 280	375 - 630 210 - 325	173 78.3	149 65	77 - 410 25 - 210
Net Heating Value (Mass) BTU/lb MJ/kg	18,700 43.5	18,500 43	18,400 43	11,600 27	8,600 20.1	18,000 41.9
Net Heating Value (Volume) BTU/gal MJ/l	117,000 32	126,000 35.3	130,000 36.6	76,000 21.3	57,000 15.9	112,900 30.9
Heat of Vaporization kJ/kg	170 400	250 600	250 600	390 900	500 1,110	200 465
Vapor Pressure @ 100°F psi kPa	9 - 13 62 - 90	.05 .34	.04 .27	2.5 17	4.6 32	8 - 16 55 - 110
Octane Number Research Motor	91 - 100 82 - 92	Note 1	Note 1	111 92	112 91	Note 2
Cetane Number	Below 15	40 - 60	40 - 60	Below 15	Below 15	Below 15
Stoichiometric A/F Ratio	14.6	14.6	14.6	9	6.4	14
Vapor Flammability Limits, % by Volume	.6 - 8	.6 - 6.5	.6 - 6.5	3.5 - 15	5.5 - 26	Note 3
Viscosity @ 40°C Centipoise Centistokes	.5 .6	1.45 1.75	2.41 2.79	.83 1.1	.46 .58	.5 .6
Appearance	Colorless to light amber color	Colorless to light amber color	Light amber color	Colorless	Colorless	Colorless to light amber color
Vapor Toxicity	Moderate irritant. Extreme concentration causes narcosis.			Irritant toxic only in large doses.	Irritant cumulative toxicant. Causes narcosis.	Moderate irritant. Extreme concen- tration causes narcosis.

Note 1. Not applicable.

Note 2. May be the same as gasoline, or add 1.5 or 2 numbers depending on blending practice.

Note 3. Values not published.

求條件은 디젤엔진에서는 점화 플러그가 없기 때문에 압축에 의한 압력에 의해 어떠한 速度 荷重下에서도 점화가 가능해야 한다는 사실이다. 燃料에 對한 이러한 특성은 보통 세탄價로 나타낼 수 있는데 보통 디젤의 경우 40~50의 범위를 가진 燃料을 使用한다.

알코올의 경우 表-3에서 보는바와 같이 상당히 낮은 세탄價를 나타내고 있다.

表에서 보듯이 燃料을 改造하지 않고는 디젤엔진으로 사용될 수 없다는 것을 알 수 있다.

여러 사람들에 의해 이러한 낮은 세탄가를 극복하기 위한 研究가 진행되어 왔는데 그중 2가지를 살펴보기로 하겠다.

(1) 캐스터 오일(피마자 기름)을 사용하는 경우

많은 植物性기름 중에서 캐스터 오일만이 알코올에 녹을 수 있다. 이것은 알코올에 잘 녹을 뿐 아니라 디젤운화에 있어서도 상당한 效果를 나타내고 있다.

表 4. 에탄올-캐스터 오일 혼합연료의 성질

Property	Specific Gravity, 15/4°C	Viscosity, cSt@30°C	Lower Caloric Value, kal/kg	Cetane Number
Ethanol in Castor Oil, % by Volume				
0	0.964	499	8550	38
20	0.930	197	8180	-
40	0.896	27.5	7790	-
60	0.863	7.3	7360	-
80	0.829	3.0	6900	10.4
100	0.795	1.5	6400	8
Diesel Fuel	0.831	3.2	10170	58

表-4에서 알코올燃料에 캐스터 오일을 첨가했을때의 세탄가의 변화를 나타내고 있다. 알코올에 캐스터 오일을 첨가하더라도 여전히 낮은 세탄가로 인하여 높은 압축비가 필요로 하게 된다(20:1 이상). 그리고 낮은 에너지용량을 극복하기 위하여 燃料流量을 증가시켜야 할 경우 분사노즐을 바꾸어야 한다.

表-5는 디젤燃料만 使用할 경우와 캐스터 오일을 같이 使用할 경우에 대해 전하중 上昇速度에서의 엔진性能에 對하여 주어져 있다.

表 5. 燃料의 성능비교

Parameter	Diesel Fuel	80% Ethanol 20% Castor oil
Thermal Efficiency, %	32.5	31.5%
Exhaust Temperature, °C	585	570
Smoke, Robert Bosch units	2	0
Brake Specific Fuel Consumption, g/PSH	195	280
Carbon Monoxide, ppm	700	400-1300
Total Hydrocarbons, ppm	280	50-130
NO _x , ppm	400	300
Rate of Pressure Rise, kg/cm ² /°CA	3.5	6.0

*All values are approximate, being read from curves.

(2) 點火向上機構에 의한 方法

石油에 세탄가를 높이기 위하여 여러가지 첨가제가 쓰여지고 있다. Amylnitrate, Hexylnitrate, Cgclohexylnitrate 등이 그러한 첨가제이다. 이러한 첨가제가 어느 정도 點火向上에 도움을 주고 있으나 첨가제 使用으로 인하여 디젤연료 가격이 훨씬 비싸지게 된다는 결점이 있다. 좀더 효과적인 첨가제를 개발하는 데 많은 研究가 있어야 할 것이다.

III. 맺는말

現在 쓰여지고 있는 알코올燃料은 가스올이라고 불리는 에탄올/가솔린 混合燃料이다. 다른 알코올燃料은 순수한 것이든 혼합연료든 간에 아직 실험실 차원에서 쓰여지고 있다.

- (1) 알코올燃料과 그것을 使用하기 위한 엔진계통은 상업적으로 활용되기 위하여서는 상당한 研究가 要求된다.
- (2) 메탄올의 利用度가 날로 증가하고 있다. 이것은 그것을 生産할 수 있는 原料의 풍부함 때문이다. 에탄올의 경우 높은 단가와 제한된 資源으로 燃料수요의 많은 부분을 담당하지 못할 것이다.
- (3) 메탄올, 에탄올燃料에 對하여 安全性 問題를 고려해야 한다. 보통의 溫度下에서도 가연한 계에 있기 때문에 取扱에 있어 가솔린이나 디젤에 對해 많은 注意를 要한다.
- (4) 알코올의 높은 옥탄가는 종래의 SI엔진의 燃料로서 적합하다. 그로 인한 낮은 세탄가는

디젤엔진에서의 使用을 어렵게 한다.

- (5) SI엔진에 알코올만을 사용하는 경우 기화기의 개조, 흡기매니폴드 加熱기구의 부착, 낮은 溫度에서 始動性を 改良하기 위한 장치를 필요로 하게 된다.
- (6) 가솔린과는 달리 메탄올이나 에탄올 混合燃料의 燃燒는 상당히 不安定하다. 現在의 비싼 원가제를 使用하지 아니하고서는 실제에 쓰여지기가 어렵다.

참 고 문 헌

1. Chamber, R. S., et al, Gasohol: Does It or Doesn't It Produce Positive Net Energy? Science, Vol. 206, 16 November 1979.
2. Furey, R. L., and J. B. King, Evaporative and Exhaust Emission from Cars Fueled with Gasoline Containing Ethanol or Methyl Tert-Butyl Ether, SAE Paper No. 800261
3. Hilden, D. L., and F. B. Parks, A Single Cylinder Engine Study of Methanol Fuel-Emphasis on Organic Emissions, SAE Paper No. 760378
4. Chui, G. K., R. D. Anderson, and R. E. Baker, Brazilian Vehicle Calibration for Ethanol Fuels, Third International Symposium on Alcohol Fuels Technology, Asilomar, 1979.
5. Berg, P. S., E. Holmer, and B. I. Bertilsson, The Utilization of Different Fuels in a Diesel Engine with Two Different Injection Systems, 3rd International Symposium on Alcohol Fuels Technology, Asilomar, 1971.
6. Likos, W. E., et al., Experiments with Alcohol/Diesel Fuel Blends in Compression Ignition Engines, Western States Section Combustion Institute Paper 79-33.