

# 燃 燒 機 關 燃 料 의 動 向

## Trend of Fuel for Combustion Engine

李 昌 植\*  
Chang Sik Lee

### 1. 序 言

오늘날 각종 原動機로 사용되고 있는 가솔린 기관, 디젤 기관, 가스 터빈 등은 모두 연료의 燃焼에너지를 機械의 에너지로 바꾸어 우리가 필요로 하는 動力을 얻는 데 사용되는 열기관의 주류를 이루고 있다.

기관의 작동 사이클에서 熱에너지의 공급은 연료의 燃焼熱에 의하여 이루어지며 燃焼機關 (combustion engine)용 연료에는 固體燃料, 液體燃料, 氣體燃料이 있으며 이들 가운데에도 가장 많이 사용되는 것은 가솔린, 燈油, 輕油, 重油 등의 石油系의 液體燃料이다.

燃料의 사용은 비단 오늘에 있어서 燃焼機關이나 燃焼機器가 사용된 이후의 일반이 아니라 이미 人類가 이 地球 위에 살게 되면서 부터 각종 연료를 사용하게 되었으며, 좀더 편리하고 지혜롭게 살아가려는 人間의 욕구는 우리들이 사용하는 각종 燃焼裝置의 성능 향상에 크게 이바지할 수 있게 되었다.

특히 연소 기관은 자동차용 기관을 비롯하여 선박, 항공기 등의 동력 발생 장치로 사용될 뿐만 아니라 산업용 발전 장치를 각종 공업용 원동기로도 널리 사용되고 있다.

최근 人類生活은 多種多樣한 에너지를 소비하고 있으며 그 總量은 전세계에서 年間 石炭

사용량으로 바꾸어 생각하면 80億톤을 넘는다고 한다. 이것은 세계의 인구를 50억이라 할 때 한 사람당 1.6톤에 달하는 양이다. 특히 세계 각국의 경제 성장과 생활 수준의 향상은 化石燃料를 비롯하여 각종 에너지 소비량을 급격히 증가시키는 결과를 가져 왔다.

우리들이 地上에서 이용 가능한 에너지는 化石燃料의 總量이  $6.329 \sim 10.323 \times 10^{15}$  kcal이고 이 중에서 石炭이  $5.048 \sim 7.535 \times 10^{15}$  kcal, 石油가  $754 \sim 1.507 \times 10^6$  kcal, 天然가스가  $527 \sim 1.281 \times 10^{15}$  kcal이다. 이것은 모두 사용함에 따라 없어지고 마는 枯渴에너지이므로 재생 불능의 에너지에 속한다. 현재 이용하고 있는 에너지의 대부분인 90%가 化石燃料에 속하므로 石油系燃料의 유효 이용은 人類의 가장 큰 과제의 하나이다. 과연 우리는 이러한 에너지 자원의 有限성과 賦存資源의 枯渴性을 재인식하면서 특히 연소 기관과 연소 장치의 燃焼性能向上을 위한 노력을 소홀히 할 수 없음을 실감하게 된다. 이러한 관점에서 다시 한번 原油의 採掘量에 대하여 살펴보기로 한다. 원유의 채굴 가능 년수는 약 30년 정도로 추정되고 있다. 여기서 채굴 가능 년수는 原油埋藏量을 年間產油量으로 나눈 것이다. 이러한 賦存量의 有限성과 產油國의 政治的, 經濟的인 狀況을 본다면 앞으로 안정된 원유 공급을 기

\* 정회원, 한양대학교 공과대학

대하기 어려운 경우가 생길런지도 모른다. 따라서 연소 기관용 연료의 效率의 利用과 연소 효율 향상을 위한 연소 기술의 개발에 더욱 노력을 경주하여야 한다.

이러한 관점에서 연소 기술의 개발과 더불어 새로운 代替燃料에 관한 연구가 더욱 활발히 이루어져야 할 것으로 생각된다. 그러므로 여기서는 대체 연료로 기대되는 石炭液化油, 알코올燃料, 太陽에너지 중에서 연소 기관용 연료로 주목되고 있는 알코올 燃料의 특성과 연소 기관의 적용성과 그 문제점에 대하여 살펴 보기로 한다.

### 記 號 說 明

- CO : 일산화탄소
- EXH : 배기 가스
- HC : 탄화수소
- MSFC: 제동 연료 소비율
- N : 출력
- NO<sub>x</sub> : 질소 산화물
- Q : 발열량
- ε : 압축비
- η : 열효율
- η<sub>i</sub> : 도시 열효율
- λ : 공기 과잉율
- φ : 당량비

## 2. 燃燒機關用燃料의 條件과 代替燃料

연소 기관용 연료는 원유를 精油所에서 分溜하여 가솔린, 燈油, 輕油, 重油로 精製하여 얻으며, 이들 가운데 가솔린은 승용차, 소형 트

럭, 2륜자동차에 사용되고 燈油는 난방, 산업용 기계에 사용된다. 또한 輕油는 화물 자동차, 버스, 건설 및 농업 기계에, 重油는 선박, 화력 발전, 공업용 보일러 등에 사용된다.

지금까지 石油는 여러 분야에서 필수불가결한 연료로 사용되어 왔으며, 電力, 加熱의 분야에서는 石炭, 原子力, LNG 등에 의하여 최근에는 석유 사용으로부터 벗어나고 있다. 그러나 內燃機關에서는 아직까지 거의 모두 石油에 의존하고 있다. 특히 燈油, 輕油, 重油는 燃燒機關은 물론 各種 産業用 燃料로서 그 사용 범위는 실로 매우 넓다. 그러므로 燃燒機關用燃料로서의 石油依存度를 줄이기 위해서는 적절한 代替燃料의 개발이 무엇보다 시급한 실정이다.

燃燒機關用燃料이 갖추어야 할 조건은

첫째, 燃料의 可搬性이 양호하고, 常溫大氣壓에서 液體이어야 하며 단위 질량 또는 단위 체적당의 發熱량이 커야 한다.

둘째, 價格이 저렴하고 연료를 용이하게 구할 수 있어야 한다.

이러한 두 가지 조건을 만족시킬 수 있어야 하지만 우리나라의 경우에는 賦存資源이 전무하여 石油系 연료의 대부분을 수입에 의존하고 있는 현실을 감안할 때 다른 代替燃料의 개발은 매우 중요하다.

현재 사용하고 있는 石油製品的 性質을 살펴보면 표1과 같다.

燃燒機關用燃料의 일반적 성질은 앞의 두 가지 조건과 표1의 物性值를 가지나 이와 같은 조건은 연료의 공급이 무리없이 이루어질 수 있을 경우에 한하기 때문에 產油國에만 의존하는 연료 사정을 감안할 때 石油系 燃料의

표 1. 燃燒機關用 石油製品的 沸點과 發熱量

液 體 燃 料	主 成 分	沸點範圍(°C)	高發熱量(MJ/kg)	用 途
가 솔 린	C, H	30 ~ 200	46.05 ~ 47.31	가솔린 기관
燈 油	C, H	150 ~ 280	45.22 ~ 46.89	石油發動機, 제트機關
輕 油	C, H	200 ~ 350	43.96 ~ 46.05	小形디젤 기관, 燒球機關
重 油	C, H(O, S, N)	240 ~ 360	41.87 ~ 45.22	各種 디젤 기관, 보일러用

안정적 공급에 대한 기대는 충족될 수 없는 경우도 있을 것으로 생각된다.

機關用燃料로 사용하기 위해서는 먼저 연료의 可搬性이 좋아야 하나 液化天然가스(LNG), 液化水素, 水素가스는 앞에서 지적한 제1의 조건을 충족시키지 못하는 문제점이 있다. 非石油系資源으로서 天然가스, 石炭, 바이오매스 등으로부터 얻을 수 있는 알코올은 燃燒機關燃料로서 유망하며, 이미 에탄올은 미국, 브라질 등의 농업국에서 생산되어 자동차용으로 적용되고 있다.

또한 메탄올은 天然가스, 石炭 등으로부터 공업적으로 量産이 가능하므로 유용한 연료의 하나이나 석유계 연료에 비하여 단위 질량당의 發熱量이 약 1/2에 불과하므로 이것이 가장 큰 결점이 되고 있다. 이 점을 제외한다면 代替燃料로서의 기본적 전제 조건을 대체로 만족한다고 볼 수 있다. 그러나 에탄올은 메탄올에 비하여 量的인 제약이 크고, 기관의 성능면에서도 좋지 않으므로 메탄올의 타당도가 가장 높다고 생각할 수 있다.

이러한 관점에서 연료로서의 알코올에 대한 관심도가 높아져서 알코올 연료 기술에 대한 국제 심포지움(Alcohol Fuel Technology, International Symposium; AFT)이 1976年3月 스웨덴에서 제1회 AFT 국제 심포지움이 개최된 이래, 서독, 미국, 브라질, 뉴우질랜드, 캐나다에서 개최된 바 있다.

이 국제 심포지움은 해를 거듭할수록 참가하는 나라와 참가자도 많아지고 있으며 처음에는 메탄올에 비중이 컸으나 점차로 에탄올, 고급 알코올에 관한 문제도 폭 넓게 토론되고 있는 실정이다. 이웃 나라 일본의 경우에는 1979년부터 AFT 위원회를 설립하고, 국제 심포지움의 참가와 1년에 10회 정도의 위원회를 열고 알코올 이용에 관한 기술, 제조 기술, 환경에 미치는 영향 등에 관한 정보를 교환하고 논문 발표회를 개최해나가고 있다.

## 2.1 알코올燃料의 世界的動向

### (1) 브라질

1973년 石油波動 이후 가장 먼저 연료 메탄올화를 위한 계획을 세우고 실용화를 서두른 나라는 브라질이다. 브라질은 1975년 국가 알코올 계획을 발표하고 국책으로 지속적인 관심을 기울이고 있다.

브라질은 국내 油田의 개발과 더불어 사탕수수를 비롯한 알코올 燃料源인 耕作物の 増産計劃을 세우고 이를 적극적으로 추진하고 있는 나라의 하나이다.

1980~1981년까지 브라질 全領土에서 자동차용 가솔린에 최고 20%까지 無水알코올을 혼합하고 化學工業用原料를 가능한 한 알코올로 대체하는 것을 목표로 알코올 생산을 확대하도록 한 바 있다.

또한 브라질은 1978~1979年 사이에 에탄올 생산량이 350만 킬로리터이던 것을 1984~1985년에는 1,070만 킬로리터로 확장한 바 있다.

### (2) 미국, 캐나다

미국에서도 연방 정부가 알코올 생산과 알코올 연료의 사용을 장려하고 있다. 알코올의 生産量은 1985년에 190~230만 킬로리터에 상당하였으나 그 이후에는 石炭으로부터 메탄올의 생산이 가능하게 되어 1,800만 킬로리터에 달하게 되었다.

알코올 연료의 사용 장려와 알코올 생산의 장려와 병행하여 알코올 연료의 이용 기술 개발에 관한 연구에 더욱 노력을 경주하고 있다.

캐나다의 경우도 天然가스, 石炭, 森林 등의 국내 자원으로부터 알코올 제조에 필요한 유용도 조사를 실시하고 적극적인 개발 지원책을 세우고 있다.

### (3) 유럽의 여러 나라

서독의 경우에는 1974년 VW사를 중심으로 하여 연구 기관들이 석탄으로부터 메탄올을 만들고, 이를 이용하는 문제에 관한 조사를 착수한 이래 정부 주도로 연구가 진행되고 있다.

그후 1978년에는 대체 연료 자원에 관한 연구 계획을 세우고 수소 자동차, 전기 자동차, 알코올 자동차의 시험 연구가 시작된 이래 연구가 계속되고 있다.

프랑스의 경우에도 알코올 연료를 가솔린에 혼합 비율을 점차 확대하여 적용하고자 하는 계획이 수립된 바 있다.

混入燃料로는 석탄, 펄프를 원료로 하는 메탄올, 농산물 등의 발효에 의한 아세트 부틸, 알코올 혼합제, 사탕 무우 등의 糖을 발효시킨 에틸 알코올, 석탄 가스로부터의 합성 가솔린 등이 있다.

스웨덴에서는 1975년 정부와 불보사의 출자에 의하여 메탄올 사용 가능성을 검토하였다. 국내 자원과 森林廢棄物로부터 메탄올 생산, 가솔린, 디젤 기관의 메탄올 기관으로의 개조 등을 연구하여 메탄올 연료 사용에 관한 자료로 삼고 있다.

(4) 그 밖의 여러 나라

그 밖의 여러 나라 중에서도 특히 뉴우질랜드, 오오스트랄리아, 타일랜드, 인도네시아, 일본에서도 각각 에탄올, 메탄올 연료에 관한 연구가 이루어지고 있다.

앞에서 설명한 것과 같이 일본의 경우에는 일본 자동차 연구소를 비롯하여 대학 및 연구소에서 알코올 연료의 기관 적용에 대한 연구가 이루어지고 있다.

2.2 自動車用 알코올燃料

알코올 연료의 物性値를 가솔린과 비교하면 표 2와 같다.

(1) 알코올 연료의 可搬性

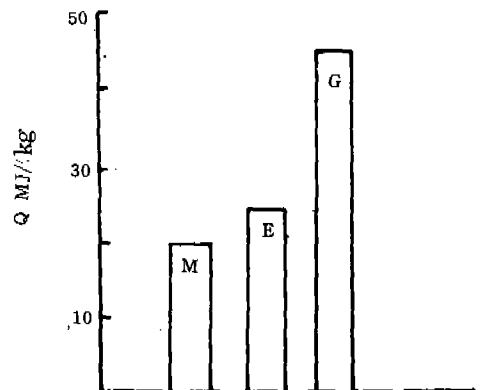
자동차란 자체 내의 原動機를 이용하여 레일(rail)이나 케이블(cable)에 의하지 아니하고 노면 위를 주행하는 차량이므로 연료의 車載性이 좋아야 한다. 이러한 관점에서 알코올 연료는 용량이나 중량이 가솔린에 의하여 커지므로 자동차용의 可搬性으로는 유리하지 못하다.

특히 수소, LNG 등은 可搬性의 관점에서 매우 불리하다.

알코올 연료는 상온, 대기압하에서 액체이고 밀도도 큰 차는 없으나 발열량을 비교하면 가솔린을 100이라 할 때 그림 1에서 보는 바와 같이 메탄올은 45%, 에탄올은 60%에 불과

표 2. 알코올燃料와 가솔린의 物理化學的 性 質比較

비교사항	옥탄 (가솔린)	에탄올	메탄올
分子式	C <sub>8</sub> H <sub>18</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	CH <sub>3</sub> OH
물질량(g/mol)	114	46	32
炭素(Wt %)	84.0	52.0	37.5
水素(Wt %)	16.0	13.0	12.5
酸素(Wt %)	0	35.0	50.0
原子比(H/C)	2.25	3.0	4.0
質量比(H/C)	0.187	0.25	0.33
密度(kg/l, 20°C)	0.692	0.790	0.795
理論空燃比 (kg air/kg fuel)	15.1	9.0	6.45
低發熱量(kJ/kg)	44,380	26,795	20,096
氣化潛熱 (kJ/kg fuel)	297.2	862.5	1,101
옥탄價	100(76~83)	89	92
세탄價	12	8	3
沸點(°C)	125.7	78.3	64.7
凝固點(°C)	-57	-114	-97.8
發火溫度(°C)	240(456)	420	470
燃焼限界			
下限界(vol %)	(1.4)	4.3	6.7
上限界(vol %)	(7.4)	19	36
層流燃焼速度 (常溫, 大氣壓) (m/s)	(0.38)	-	0.52



G : 가솔린, E : 에탄올, M : 메탄올

그림 1. 발열량의 비교

하므로 같은 에너지를 신기 위하여는 가솔린에 비하여 메탄올은 1.9배, 에탄올은 1.5배의 용적이 필요하다.

다시 말하면 연료를 補給하지 않고 주행할 수 있는 거리가 동일하려면 메탄올의 경우에는 약 2배, 에탄올의 경우에는 약 1.5배만큼이나 큰 연료 탱크를 갖추어야 한다. 그러나 理論空燃比에서 단위 공기 1kg 당의 발열량을 비교하여 보면 가솔린이 2,939 kJ/kg air, 에탄올이 2,976.80 kJ/kg air, 메탄올이 3,114.98 kJ/kg air 로 큰 차가 없다.

### (2) 알코올燃料의 燃焼性

저온에서의 始動性を 비교하여 보면 표 1에서 보는 바와 같이 단위 질량당의 氣化潛熱이 가솔린에 비하여 메탄올은 3.7배, 에탄올은 2.9배이고, 혼합기 질량당으로는 메탄올이 8.0배, 에탄올이 4.7배이므로 연료의 기화가 어렵고, 低溫始動性이 나쁘다. 따라서 순 알코올의 경우에는 始動補助裝置가 필요하다.

한편 着火可能한 혼합비 범위가 넓고, 연소 속도가 빠르므로 연소가 안정되며 가솔린의 경우보다 稀薄燃焼가 가능하므로 排氣淨化, 熱效率의 면에서도 유리하다.

앞에서 언급한 바와 같이 氣化的 潛熱이 크므로 흡입 공기의 냉각 효과가 수반되어 充填效率(charging efficiency)이 높아져서 출력을 향상시킬 수 있다. 또한 연소실내의 냉각 효과가 있으므로 냉각계의 부담을 경감시킬 수 있다.

옥탄가가 높으므로 가솔린과 혼용하는 경우에는 안티노크제로서의 효과가 있어서 압축비를 높게 할 수 있으므로 출력과 열효율이 높아진다.

그러나 세탄가는 경유가 45~55 정도인데 비하여 메탄올은 3, 에탄올은 8로서 매우 낮으므로 디젤 연료로는 사용하기 어렵다.

### (3) 알코올燃料의 排氣特性

산소를 함유하는 연료이므로 본질적으로 煤煙의 발생이 적고, 경유와 같이 유황을 함유하지 않으므로 아황산가스는 발생하지 않는다. 알코올 연료는 앞에서 다른 바와 같이 稀薄燃

燒가 가능하므로 질소 산화물, 일산화 탄소의 발생량의 저감을 도모할 수 있다. 그러나 未燃알코올 및 알데히드의 배출이 가솔린이나 디젤유를 사용하는 기관과는 달리 大氣汚染問題를 가져오는 결점이 있다.

(4) 알코올 燃料의 相分離現象과 베이퍼 록  
에탄올과 메탄올 연료는 모두 가솔린과 잘 혼합되나 물이 혼합되면 相分離를 일으킨다.

相分離는 溫度, 含水率 등에 따라 分離現象도 상이하며, 알코올 연료는 대기중의 수분을 吸引하는 성질이 있어서 이것이 혼합 사용에 대한 문제점이 있다.

메탄올 및 에탄올의 비점은 64.7°C, 78.3°C 정도이므로 순 알코올을 사용할 경우에는 그다지 문제가 되지 않으나 가솔린과 혼합할 경우에는 共沸現象이 생겨서 베이퍼 록을 일으킨다.

### (5) 潤滑油劣化和 金屬의 腐蝕性

알코올 연료는 저온에서 크랭크 케이스 오일을 에멀전화 한다. 또한 피스톤 링, 밸브 가이드 등의 마멸을 촉진시키는 결점이 있으므로 그대로 적용할 경우 차량용으로 부적당한 성질이 있으나 다른 代替燃料과 비교한다면 가장 유리한 연료이다.

알코올은 Zn(75~90%)—Sn(10~25%)의 합금, 아연, 알루미늄, 강, 마그네슘 등을 부식시키며 그 밖의 비금속 재료도 열화시키는 성질이 있다.

## 2.3 알코올燃料의 燃焼性能

알코올 연료의 적용과 여러 가지 문제점을 車輛用原動機의 出力性能, 排氣生成物 등에 주안을 두어 다루기로 한다.

### (1) 機關出力

알코올 연료의 적용은 다음과 같이 몇 가지 경우에 대하여 생각할 수 있다.

① 가솔린과 메탄올의 혼합 연료

② 가솔린과 에탄올의 혼합 연료

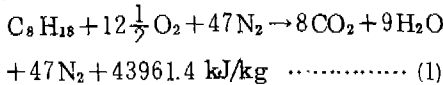
③ 순 메탄올 또는 순 에탄올 연료

혼합기의 발열량은 가솔린(이소 옥탄)이 3734.63 kJ/m<sup>3</sup>·mix이고, 에탄올이 3600.65 kJ/

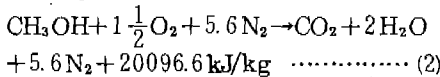
$m^3 \cdot \text{mix}$ , 메탄올이  $3525.29 \text{ kJ}/m^3 \cdot \text{mix}$ 이다. 따라서 알코올이 완전히 기화하여 실린더 내로 들어간다면 출력은 가솔린(이소 옥탄)에 비하여 메탄올이 5.5%, 에탄올이 3.5% 저하한다. 그러나 실제로는 어느 연료의 경우에도 연료가 상당 부분 액상으로 실린더로 흡입되므로 알코올쪽이 氣化潛熱이 커서 흡입 과정의 냉각 효과가 커지고, 흡입 공기량이 증가하는 장점이 있다.

가솔린과 메탄올, 에탄올의 燃燒反應式을 세우면 다음과 같다.

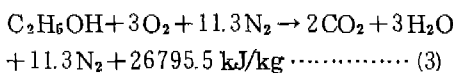
1) 가솔린(옥탄  $C_8H_{18}$ )의 연소



2) 메탄올의 연소



3) 에탄올의 연소



실제 기관의 성능을 비교하여 보면 순 메탄올의 경우 制動平均有效壓力이 10% 정도 향상하는 것으로 나타나고 있다. 이것에 비하여 가솔린과 메탄올의 혼합 연료의 경우에는 가솔린과 메탄올의 중간값을 갖는 것으로 나타났다.

그림 2는 制動馬力과 空氣過剩率 사이의 관계를 가솔린과 메탄올 연료에 대하여 비교한 것의 한 예이다<sup>(1)</sup>. 이 경우는 기관의 壓縮比는 8.2, 회전 속도는 2,000 rpm, 全負荷의 상태이며, 가솔린을 사용한 경우보다 약 12% 이상의 출력의 증가를 가져왔다. 한편 그림 3~5는 그림 2와 같은 조건에서 작동하는 경우에 대한 기관의 열효율  $\eta$ 와 배출 가스 농도를 비교한 것이다. 이 선도에서 보는 바와 같이 열효율은 가솔린의 경우보다 5~12% 높게 나타났으며 평균 8%정도 개선되는 것으로 나타났다.

(2) 燃料의 經濟性

앞의 표1에서 보는 바와 같이 알코올 연료는 가솔린에 비하여 옥탄가가 높다. 그러므로

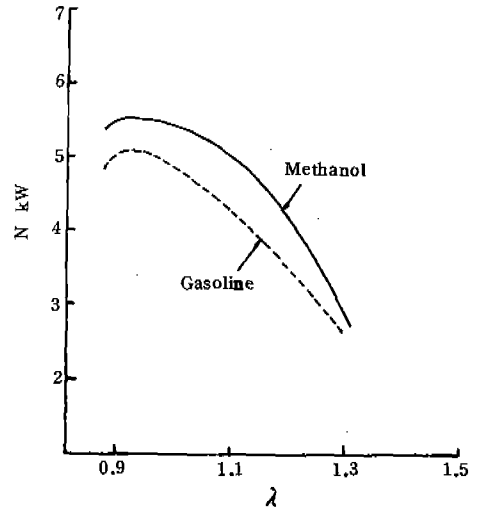


그림 2. 메탄올과 가솔린 연료에 대한 출력 성능의 실험에

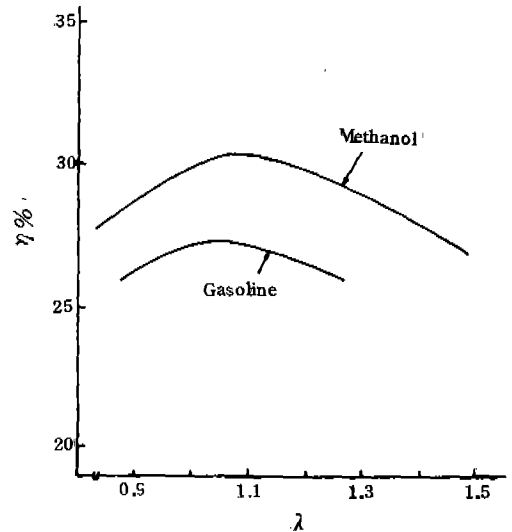


그림 3. 메탄올과 가솔린 연료에 대한 열효율 비교의 실험에

압축비를 조정한다면 열효율을 향상시킬 수 있다. 또 연소 속도가 빠르므로 等容度도 높다. 압축비 일정일 경우 열효율은 定積燃燒할 때 최대가 되고, 연소가 상사점으로부터 멀어짐에 따라 점차 저하한다. 정적 사이클에서 효율의

저하하는 정도를 나타내는 것을 等容度 또는 等積度(degree of constant volume)라 한다.

한편 制動燃料消費率을 비교하여 보면 메탄올쪽이 높으나 이것은 연료의 발열량이 다르기 때문이며, 제동 열효율은 알코올쪽이 높은 것으로 지적된 바 있다.

가솔린에 에탄올 10%를 혼합한 연료의 연료 소비를 조사한 결과에 의하면 +5~5%의 범위에서 증감하는 것으로 나타나고 있는 경우도 있어서 기관에 따라서는 공연비의 희박화에 따라서 연료 소비율이 개선되는 경우도 그렇지 못한 경우가 있는 것으로 지적되고 있다. 이러한 점을 감안하면 기관을 조정하지 않은 상태에서 알코올을 혼합은 가솔린의 절약은 기대할 수 있으나 연료 소비율의 개선에는 그다지 효과가 없는 것으로 생각할 수 있다.

(3) 燃燒生成物の 排出特性

1) 一酸化炭素의 排出濃度

그림 4는 메탄올과 가솔린을 연료로 사용한 경우에 대한 一酸化炭素의 排出濃도를 도시한 것이다. 이 선도에서 보는 바와 같이 CO 배출 농도는 空氣過剩率  $\lambda$ 에 따라서 크게 의존되며 연료의 종류에는 크게 영향을 받지 않는 것에 주목할 수 있다. 量論空燃比에서는 메탄올의 경우가 가솔린보다 CO 배출 농도가 작음을 알 수 있다. 이것은 메탄올 연료를 사용하면 失火限界가 희박 혼합기역에 존재하므로 氣化器의 설계를 희박 혼합기쪽으로 할 수 있다.

2) HC 排出濃度

그림 5에서 보는 바와 같이 未燃 HC 또는 부분적으로 연소한 HC는 공기 과잉율의 전영역에서 가솔린 또는 15% 메탄올을 혼합한 경우보다 메탄올을 사용한 경우의 배출 농도가 낮은 것으로 나타났다.

3) NO<sub>x</sub> 排出濃度

그림 6은 메탄올과 가솔린의 NO<sub>x</sub> 배출 농도를 비교한 것이다<sup>(2)</sup>. 이 선도에서 보는 바와 같이 NO<sub>x</sub>의 배출량은 가솔린에 비하여 현저히 저하하는 경향을 보이고 있으며 그 저감

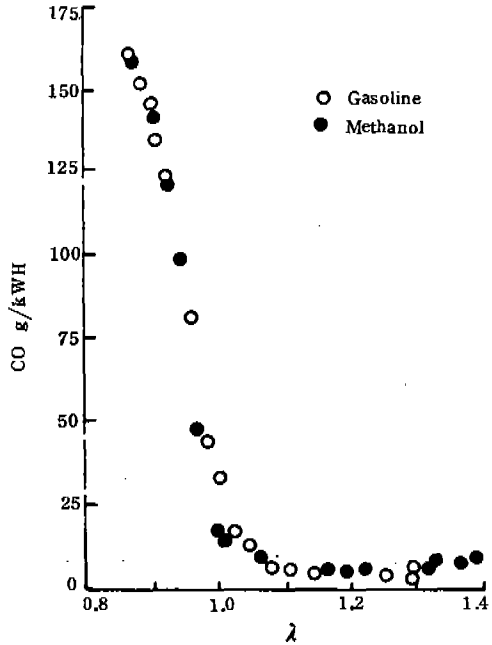


그림 4. CO배출 농도의 비교

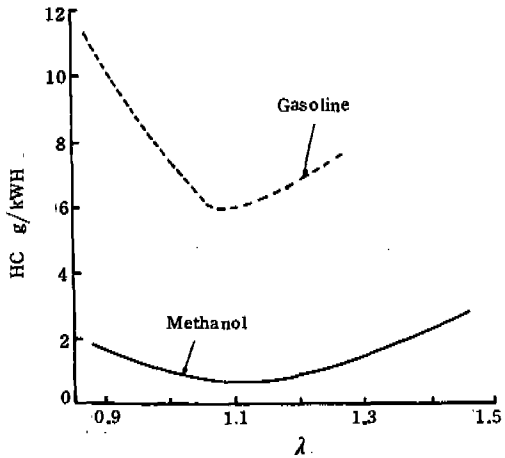


그림 5. HC배출 농도의 비교

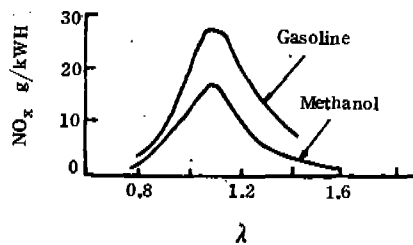


그림 6. NO<sub>x</sub>배출 농도의 비교

올은 순 메탄올의 경우 사용 빈도가 많은 공기 과잉을 1.0~1.1의 범위에서는 가솔린에 비하여 약 30% 정도의 감소를 보이고 있다. 이것은 메탄올이 희박 혼합기의 실화 관계가 가솔린이나 가솔린-메탄올 혼합 연료보다 넓어지기 때문인 것으로 생각된다.

#### 4) 燃燒機關의 始動性

시동성은 가솔린에 비하여 알코올 연료를 사용하는 경우가 나쁘다. 이 문제를 해결하지 않고서는 순 알코올 기관은 실용화하기 어렵다. 이러한 시동성을 비교하기 위하여 가솔린과 메탄올에 대한 蒸溜曲線을 비교하면 가솔린은 10% 증류점이 45~55°C인데 비하여 메탄올은 64.7°C이다. 메탄올의 기화열은 가솔린의 약 4배에 달하므로 냉각된 경우에는 착화에 필요한 연료-공기 혼합기의 형성이 어렵고 시동이 곤란해진다.

실제로 바깥 공기 온도가 약 5°C 이하가 되면 순 메탄올의 시동은 곤란해진다. 또 높은 온도라 할지라도 시동후의 연소가 불안정하고 시동후에 어느 정도 기관의 작동이 불안정한 상태가 지속된다. 이러한 현상은 未燃燃料의 배출량을 증가시키며 潤滑油를 열화시키는 원인이 된다.

메탄올을 10% 혼합한 가솔린의 경우에도 -15°C 이하의 온도에서는 冷始動이 곤란하다. 그러므로 순 알코올의 경우에는 시동 보조 장치가 필요하며, 메탄올 혼합의 경우에도 추운 겨울에 대비하여 시동 보조 장치가 있어야 한다.

#### (4) 에탄올 燃料의 特性

##### 1) 에탄올-가솔린 混合燃料

에탄올과 가솔린 혼합 연료의 발열량을 그 혼합 체적 비율에 따라서 표시하면 표2와 같다.

이 표에서 보는 바와 같이 에탄올 10% 혼합의 경우 발열량의 저하는 약 4%, 20% 혼합하면 약 8%, 30%를 혼합하면 약 11% 정도이다. 에탄올을 약 30% 정도까지 혼합하는 경우에는 발열량의 저하가 극히 심하지는 않음

표 2. 에탄올-가솔린 혼합 연료의 발열량

에탄올 혼합 체적 비율(%)	발열량(kcal/gallon)
0	34,020
10	32,508
20	31,248
30	30,164

을 알 수 있다.

##### 2) 에탄올-가솔린 혼합 연료의 옥탄가 및 吸濕에 의한 分離特性

옥탄가가 낮은 가솔린에 옥탄가가 높은 에탄올을 혼합하면 옥탄가는 상승한다. 따라서 高壓縮比에서 운전할 수 있으므로 열효율을 높일 수 있다.

에탄올-가솔린 混合燃料의 문제점으로는 물이 혼합된 경우 가솔린과 에탄올이 2相으로 분리하는 성질이다. 뿐만 아니라 에탄올은 매우 흡습성이 높으므로 대기중의 수분도 무시할 수 없다.

에탄올 20%가 혼합된 연료가 20°C에서 연료중의 수분이 0.8% 이상 혼합하면 가솔린과 에탄올은 2상 분리되고 0.8% 이하에서는 분리되지 않는다. 즉 수분이 0.8% 이하이어야 한다.

##### 3) 그 밖의 특성

에탄올은 가솔린에 비하여 연소 속도가 빠르고, 기관의 等容度가 개선되어 열효율은 증대된다. 또한 연소시에 煤煙의 발생이 적고 연소실 등을 더럽히지 않으므로 디젤 기관에 이용하면 스모우크를 크게 저하시킬 수 있다. 그러나 알데히드의 배출이 많으므로 후처리 기술이 요망된다.

##### (5) 에탄올 燃料의 出力性能과 燃燒生成物

###### 1) 出力性能

순 에탄올과 가솔린의 출력 성능을 비교하여 보면 그 動力性能의 定性的인 경향은 동일하나 가솔린에 비하여 에탄올의 경우가 출력 및 열효율이 약간 개선되는 경향을 갖는다. 이것은 에탄올이 氣化熱에 의한 充塡效率의 증대 및 빠른 연소 속도에 따른 것으로 생각할 수



있다.

그림 7은 1,200rpm으로 작동되는 단 실린더 기관에 대하여 가솔린과 에탄올을 연료로 사용하였을 경우의 圖示熱效率를 비교한 것이다<sup>(3)</sup>. 이 선도에서 보는 바와 같이 에탄올의 경우가 가솔린의 경우보다 熱效率이 큰 것으로 나타났다.

한편 그림 8은 그림 7과 같은 조건에서 작동되는 기관에 대한 에탄올과 가솔린의 연료 소비율을 비교한 것이다. 이 선도에서 보는 바와 같이 가솔린과 에탄올의 연료 소비율을 보면 에탄올의 경우가 가솔린의 경우보다 연료 소비율이 큰 것으로 나타났다. 이것은 에탄올의 발열량이 가솔린의 약 60%이므로 연료 소비율도 이것에 상응하는 양만큼 나쁜 것으로 볼 수 있다.

한편 에탄올 25%를 혼합한 가솔린 혼합 연료와 가솔린의 NO<sub>x</sub> 배출 농도를 비교하여 보면 가솔린의 경우 NO<sub>x</sub> 배출 농도의 최대인 공연비는 15.5인데 비하여 25% 에탄올 혼합 가솔린의 경우 NO<sub>x</sub> 배출 농도는 空燃比 14.5로 나타났다. 그러나 이들 두 경우의 NO<sub>x</sub> 배출 농도의 경향은 동일하였다.

또한 HC 배출 농도는 에탄올 혼합 연료와 가솔린을 공기 과잉율에 대하여 정리하면 이들 양자의 큰 차이는 없으나 에탄올의 혼합쪽이 HC 배출 농도가 낮은 것으로 나타났다.

CO 배출 농도를 순 에탄올과 가솔린을 공기 과잉율에 대하여 비교하여 보면 이들 사이에는 거의 차이가 없는 것으로 나타났다.

## 2.4 燃燒機關의 適用技術

### (1) 均質法

이 방법은 기관 시동시에는 가솔린을 사용하고 워밍업 후에는 메탄올로 바꾸어 공급하는 방식으로서 외기 온도가 -10℃ 이하에서는 시동 전동기 작동 기간만 가솔린을 공급하는 것만으로 自力運轉이 불가능하므로 기관이 시동 후에도 일정 시간 가솔린을 공급한다. 이와 같은 경우의 한 예는 그림 9와 같은 2연료 분사 계통이다.

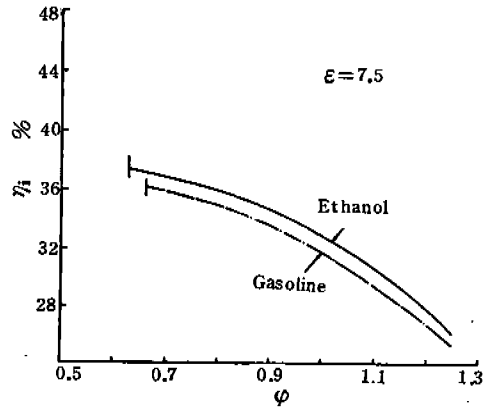


그림 7. 도시 열효율의 비교

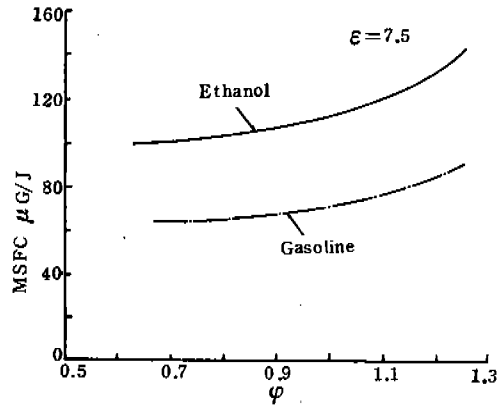
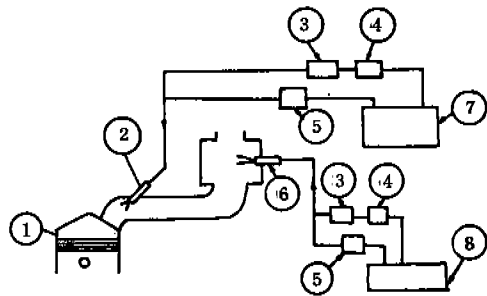


그림 8. 연료 소비율의 비교



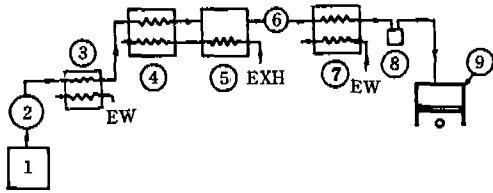
- |          |            |
|----------|------------|
| 1. 기 관   | 5. 압력 조정기  |
| 2. 주 분사기 | 6. 냉동시 분사기 |
| 3. 여 파 기 | 7. 메타놀 탱크  |
| 4. 펌 프   | 8. 가솔린 탱크  |

그림 9. 2燃料 시스템

(2) 改質法

이 방식은 메탄올을 CO와 H<sub>2</sub>로 改質하여 이것을 흡기로 혼합하는 방법이다. 그림 10은 메탄올 改質가스 시스템의 구성을 도시한 것이다.

메탄올은 기관 냉각수와 열교환을 하고 이것이 배기열에 의하여 과열된 후 改質器로 들어간다. CO와 H<sub>2</sub>로 개질된 가스는 기관 냉각수와 열교환에 의하여 냉각된 다음 흡기관으로 들어간다. 이 때 未反應 메탄올이나 水分은 트랩을 거쳐서 回收된다.



- |         |                       |
|---------|-----------------------|
| 1. 연료탱크 | 6. 열 교환기              |
| 2. 연료펌프 | 7. 가스 냉각기             |
| 3. 증발기  | 8. 응축 트랩              |
| 4. 과열기  | 9. 기관                 |
| 5. 개질기  | EW, 기관 냉각수 EXH, 배기 가스 |

그림 10. 메탄올 改質가스 시스템

2.5 알코올燃料의 問題點

알코올 燃料의 特性으로부터 다음과 같은 문제점을 열거할 수 있다.

알코올-가솔린 混合燃料에 대한 吸濕에 의한 分離防止와 金屬의 부식과 潤滑油의 劣化防止에 관한 技術의 개발이 필요하며, 운전성 향상을 위하여 시동 촉진 방법의 개발, 배기중의 알데히드의 低減 등의 문제점이 있다.

앞에서 다룬 바와 같이 알코올 연료에는 에탄올과 메탄올의 두 가지가 있으나 質的, 量的의 가격으로 보아 燃燒機關用으로는 메탄올이 우위에 있다고 볼 수 있다. 메탄올 기관의 개발에는 연료의 始動性, 材料, 着火方法, 改質 가스의 이송 방법 등의 해결하여야 할 점이 많다.

디젤 기관에 적용할 경우에는 着火促進劑, 2燃料噴射裝置 등의 대책이 강구되어야 한다.

2.6 代替燃料에 관한 文獻

연소 기관용 대체 연료에 관한 문헌으로는 앞에서 다룬 알코올 연료가 그 주류라고 할 수 있으며 많지는 않으나 植物油의 이용에 관한 연구 보고도 있다. 여기서는 주로 알코올 연료의 적용에 관한 문헌을 중심으로 참고문헌만을 부기하기로 한다.

먼저 알코올 燃料의 전망에 관한 문헌(2),(4)-(7) 메탄올 분사 기관에 관한 것(8),(9), 실린더 내의 불꽃 점화 방식 메탄올 디젤 기관(10), 自動車用 메탄올 기관에 관한 연구(11)-(14), (18), 메탄올 연료 연소와 기관 성능에 관한 사항(15)-(17), (19), 연료용 알코올의 연소 특성(39), 디젤 기관의 알코올 연료 적용에 관한 연구(22)-(28), (32), (33), 알코올 연료의 배출 가스 농도에 관한 연구(34), (35), (37), (38) 등이 있다.

이 밖에도 植物油 이용에 관한 문헌(21), (29), (30), 木材溶液化燃料의 적용성(31), (36)에 관한 연구 등이 이루어지고 있다.

3. 結 言

이상은 주로 연소 기관용 연료의 동향 중에서 알코올 연료의 특성과 燃燒機關에 대한 適用性を 중심으로 다루어 보았다.

國土事情으로 보아 農産物로부터 에탄올을 생산하여 연소 기관용 연료로 사용한다는 것은 우리나라의 경우에는 극히 어려운 일이며, 국토가 광대한 나라에서는 에탄올 연료의 생산이 가능하므로 자동차용으로 사용할 수 있을 것으로 생각한다. 에탄올-가솔린 혼합 연료는 자동차용으로의 적응성은 가지고 있으나 연료 공급 계통, 압축비의 변경 등의 구조를 바꾼다면 연소 생성물중 질소 산화물, 탄화수소, 일산화탄소 등의 유해 성분을 저감시킬 수 있고, 기관의 출력과 열효율도 향상시킬 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 시동성, 내구성, 향상, 수분 흡수에 의한 혼합 연료의 상분리 방지 등의 기술 개발이 요구된다.

메탄올의 합성은 일산화탄소(CO)에 수소(H<sub>2</sub>)의 첨가에 의한 반응으로부터 얻어지므로 天然가스, LPG 또는 나프타의 石油系 연

료로부터 합성하여 얻거나 石炭으로부터 얻을 수 있다. 그러나 연료 메탄올의 원료로는 천연가스와 石炭이라고 생각할 수 있다. 이러한 관점에서 石油系の 연료가 고갈되더라도 천연가스 또는 石炭으로부터 얻을 수 있는 메탄올을 연소 기관용 연료로 사용할 수 있으므로 알코올 연료의 차량 적용에 관한 연구는 꾸준히 이루어져야 할 것으로 생각한다. 특히 석유의 賦存資源이 없는 우리로서는 연소 기관의 연소 성능 향상을 위한 연구와 더불어 대체 연료와 低質油燃焼에 관한 연구 등에도 더욱 노력을 경주하여야 할 것으로 생각한다.

### 參 考 文 獻

1. A. Koenig, W. Lee, and W. Bernhardt: "Technical and Economical Aspects of Methanol as an Automotive Fuel, SAE paper 760545.
2. 山田: "燃料メタノールの動向", 內燃機關 22卷11號, p.20, 1983.
3. N.D. Brinkman: "An Engine Study of Efficiency and Fuel Consumption with Ethanol Fuel", Text for Presentation to IV International Alcohol Symposium, p. 339-7, 1980.
4. 山田: "內燃機關燃料의 將來(1)", 內燃機關 22卷1號, pp.22~28, 1983.
5. 山田: "內燃機關燃料의 將來(2)", 內燃機關 22卷2號, pp.17~22, 1983.
6. 平尾, 鶴賀: "代替燃料としてのメタノール", 日本機械學會誌, 第58卷 第763號, pp.1~6, 1983.
7. 金榮吉: "JARIにおける自動車用アルコール燃料に関する研究", 內燃機關 25卷9號, pp.9~20, 1986.
8. 堀: "メタノール, 輕油二燃料噴射式機關に関する研究", 內燃機關 25卷9號, pp.21~27, 1986.
9. 吉田, 山口: "メタノール改質ガスDIエンジンの開發研究", 內燃機關 25卷10號 pp.17~20, 1986.
10. 瀬古: "筒内噴射火花方式メタノールディーゼル機關", 內燃機關 25卷10號, pp.34~39, 1986
11. 須藤 外3人: "自動車用メタノール機關の研究(I, II)", 自動車技術會論文集, No. 16, pp.17~29, 1978.
12. 瀧下 外4人: "メタノール改質ガス火花點火エンジンの開發研究(第1報, 第2報)", 自動車技術會論文集, No. 31, pp.21~36, 1985.
13. 一宮 外5人: "メタノール自動車", トヨタ技術 第31卷2號, pp.169~179, 1982.
14. 澤 外2人: "メタノール機關に関する實驗的研究", 茨城大學工學部研究集報 第24卷, pp.17~29, 1976.
15. O.L. Hilden and F.B. Parks: "A Single Cylinder Engine Study of Methanol Fuel-Emphasis on Organic Emissions", SAE paper 760378.
16. C.P. Chiu and L.H. Hong: "The Effects of Methanol Injection on Emission and Performance in a Carbureted SI Engine," SAE paper 790954.
17. H.B. Mathur, M.K. Gajendra and K. Subba Reddy: "Combustion and Exhaust Emission Characteristics of a Methanol Fueled Spark Ignition Engine," Proceedings Fifth International Symposium on Alcohol Fuel Technology Vol. II, p. 2-93, 1982.
18. G. Publow and L. Grinberg: "Performance of Late Model Cars with Gasoline-Methanol Fuel", SAE paper 780948.
19. S. Muranaka, Y. Nakajima, Y. Takagi and K. Ohkawa: "Combustion Characteristics of Methanol Fueled S.I. Engine", Proc. 5th Int. Symp. on AFT Fuel Technology Vol. I, p. 2-101, 1982.
20. N. Nicholls, J. Lapetz, C. Smith and W. Tallent: "Ford's Development of a

- Methanol-Fueled Escort", Proc. 5th Int. Symp. on AFT, Vol. II, p. 2-109.
21. M. Geoffroy, I.B. Smith: "Esters as a Future Diesel Fuel", Proc. 5th Int. Symp. on AFT, p. 2-231.
22. C.P. Chiu and Y.W. Liang: "The Effect of Methanol Injection on Emission and Performance in Diesel Engine", Proc. 5th Int. Symp. on AFT, Vol. II, p. 2-239.
23. N. Miyamoto, K. Yamazaki and T. Murayama: "Glow Plug makes the Efficient use of Heat Alcohol Fuels Possible in a Diesel Engine", Proc. 5th Int. Symp. on AFT, Vol. II, p. 2-317.
24. T. Murayama, N. Miyamoto and T. Chikahisa: "Ethanol Introduction into the Intake Manifold in a Diesel Engine up to 80% of the Total Energy Supply, without Knocking", Proc. 5th Int. Symp. on AFT Vol. II, p. 2-325.
25. S. Muthu and T.R. Jagadeesan: "Experimental Investigation of using Ethanol as a Diesel Extender in a Turbocharged Multicylinder C.I. Engine", Proc. 5th Int. Symp. on AFT, Vol. II, p. 2-333.
26. I.S. Myburgh: "Propanol-Plus as Extender to Diesel Fuel", Proc. 5th Int. Symp. on AFT, Vol. II, p. 2-343.
27. H. Nanni: "New Development in Multifuel Capability of Diesel Engines through use of Glow-Plus", Proc. 5th Int. Symp. on AFT, Vol. II, p. 2-351.
28. A. Neitz and F. Chmela: "The M.A.N. Methanol Engine Powering City Buses", Proc. 5th Int. Symp. on AFT, Vol. II, p. 2-359.
29. 飯本 外 2 人: "ディーゼル燃料としこのヤシメチルエステル", 農業機械學會誌 48 卷 1 號, pp. 95~97.
30. 飯本 外 2 人: "ディーゼル燃料としこの植物油脂", 千葉大學園藝學術報告, 第 34 號, pp. 9~13, 1984.
31. 田中 外 5 人: "木材溶液化燃料のディーゼル機関等への適用性", 農業機械學會關西支部報, 第 60 號, p. 36, 1986.
32. 梅名, 居垣: "燃料アルコールの燃焼特性 (イオンプラグを用いた火炎傳ば速度の測定)", 農業機械學會關西支部報, 第 57 號, pp. 5~9, 1985.
33. 山田 外 3 人: "アルコール駆動ディーゼル機関に関する研究", 日本機械學會論文集 (B), 49 卷 441 號, pp. 1087~1094, 1983.
34. 伊藤 外 3 人: "アルコールエンジン排気ガス光化学反応に関する實驗的研究", 日本機械學會論文集 (B), 52 卷 474 號, pp. 997~1002, 1986.
35. 小沼 外 2 人: "軽油/エタノールおよび軽油/水混合燃料の噴霧燃焼", 日本機械學會論文集 (B), 52 卷 474 號, pp. 969~974, 1986.
36. 田中 外 4 人: "木材液化燃料の乾燥機バーナ及びガソリン機関への適用性", 農業機械學會關西支部報, 第 58 號, pp. 9~10, 1985.
37. 伊藤 外 3 人: "メタノールエンジン排気ガスから生成される亞硝酸メチル", 日本機械學會論文集 (B), 49 卷 446 號, pp. 2209~2217, 1983.
38. 伊藤 外 2 人: "メタノール燃焼排気ガス中の未燃メタノールおよびホルムアルデヒド", 日本機械學會論文集 (B), 48 卷 428 號, pp. 803~810, 1982.
39. 竹内 外 2 人: "燃料用アルコールの燃焼特性", 内燃機關 21 卷 6 號, pp. 9~18, 1982.