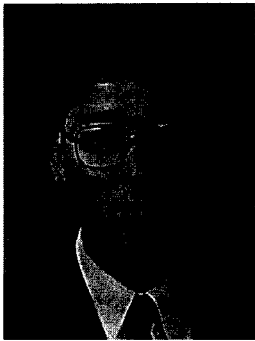


# 자동차 연료알콜 개발 현황



南基斗

〈一山實業(株) 釜山酒糟工場 生産次長〉

## ■ 目 次 ■

- I. 서론
- II. 국내 연료알콜의 연구 개발 현황
- III. 외국의 연료용 알콜 현황
- IV. 결론

## I. 서론

석유자원의 유한성 때문에 석유가격의 상승은 필연적이다. 따라서 각국에서는 대체에너지 개발을 국책 또는 우선 순위의 중요한 사업으로 설정하여 장기 개발계획을 수립하여 추진하고 있다.

이들 국가로는 미국, 브라질, 뉴질랜드, 캐나다, 영국, 독일, 스웨덴, 남아프리카, 일본 등이며, 특히 농산물을 이용하여 에탄올(알콜)을 생산, 대체에너지로 사용하고 있는 국가로는 미국, 브라질, 스웨덴이 대표적이다. 브라질은 알콜 소비촉진과 대기오염방지를 위하여 세계에서 유일하게 자동차 연료에 22%이상의 에탄올을 혼합한 Gasohol 사용을 의무화하고 있다.

미국은 10%수준의 에탄올 혼합을 승인하고 세제혜택(Tax Incentive)으로 Gasoline과의 경쟁력을 위해 지원해주고 있다. 연방정부와 州 정부의 능동적인 정책수행과 지원으로 수송용 알콜의 시장 점유율이 미국 전체에서 8%이나 농산물이 풍부한 Nebraska州는 46.03%의 Gasohol을 생산 소비하고 있다.

최근 국내외에서 대체에너지로서 연료용 알콜발효공정의 개발이 활발히 추진되고 있는 실정이며, 국내에서도 1973년 1차 Oil shock 이후 원유가격의 상승에 따라 대체에너지로서 알콜개발이 주목받기 시작하여 1980년대 후반까지는 Biomass로부터 알콜생산 연구가 실험실 규모의 기초연구 단계에 머물렀으나 1987년 상공자원부에서는 대체에너지기술개발을 위하여 '87 대체에너지개발촉진법' 제정 이후

1992년까지 태양에너지, 풍력, 연료전지 등 총 10개 분야에 463억원을 투자하여 연구개발의 기반을 구축하였으며, 소규모 태양광 발전소, 산업폐기물 소각로, 태양열 온수기 및 연료전지 개발 등에 많은 가시적 성과를 거둔 바 있다. 앞으로 정부에서는 1992년말 현재의 총 사용에너지 중 대체에너지 비중 0.48%를 2001년까지 3%로 높인다는 목표 아래 기술개발사업을 적극 확대할 계획을 가지고 있다.

대한알콜산업기술연구조합은 주정제조현장에서 축적된 경험과 생산기술 Know-how를 바탕으로 상공자원부가 시행하는 대체에너지 기술개발사업에 적극 동참하여 300kl/year 생산규모의 Gasohol 제조용 Pilot plant를 경기도 안산시 진로발효 공장 내에 93년 5월 27일 준공하여, 일관생산공정과 성공적인 입증실험을 완료하여 상용화를 위한 기술 국산화를 이루었으며, 현재 정부의 실용화 보급정책의 결정을 기다리는 중으로 이를 계기로 또한번 주정공업이 발전할 수 있는 전기가 되었으면 한다.

## II. 국내 연료알콜의 연구 개발 현황

### 1. 연료알콜 생산

#### 1) 개발 공정의 특징

본 공정은 국내 주정제조 회사들이 채택하고 있는 Conventional batch process공정을 생산성이 높고, 공정의 단순 자동화가 용이할 뿐만 아니라 국내의 다양한 주정제조 원료 사용 여건에 적합하게 1989년에 일신실업(주) 연구개발팀이 개발한 Pilot scale multi-stage CSTR공정을 3년 이상 운전하여 축적된 운전 경험과 기술자료를 바탕으로 하여 연료용 알콜발효 및 증류의 Pilot공장규모의 일관생산공정을 알콜조합에서 공동 개발하였으며, 본 연구사업에 투자된 연구비, 최적 생산 모델 및 운전결과는 <표 1, 2> 및 <표 3>과 같다.

#### 2) Gasohol 보급시 기대효과

대체에너지로서 연료알콜 보급은 환경오염 방지 및 해외 에너지의존도를 감소시킬 수가 있다. 원가 절감을 통하여 경쟁력 제고가 가능하며 국가정책 차원에서 초기의 생산여건 확보 및 공급확대를 위한 다각적인 지원이 따르면 국내 조기 상용화가 가능하다. 따라서 본 Pilot plant운전연구로서 단위공정개선, 공정 System분석, 산업규모 생산공장의 표준설계기준 확보, 경제성 분석자료를 제공하므로써 기술의 자립이 가능하다.

<표 1> Total amount invested for fuel alcohol project with production capacity of 300kl/year. (천원)

Year Source of revenue	1st (1992)	2nd (1993)	3rd (1994)	4th (1995)	Total amount
GFS <sup>1)</sup>	290,000	644,044	613,200	250,000	1,225,000
KARA <sup>2)</sup>	760,000	294,826	161,693	409,946	2,115,660
Sum	1,050,000	938,870	774,893	659,946	3,340,660

<sup>1)</sup> Government financial support

<sup>2)</sup> Own finance of Korea Alcohol Research Association

〈Ⅴ 2〉

Model for optimum fuel alcohol production.

Model	
<b>1. Fuel alcohol production</b>	
-Substrate	: Cassava, corn
-Fermentation	: Continuous/cascade SSF,
-Distillation	: Multi-pressure distillation system with MSDP
-Stillage	: Evaporation/dry
-Production system	: Use for the existed facilities
<b>2. Cost</b>	
-Raw material	: ₩260/ l (based on USD 150/Ton, RM)
-Running cost	: ₩132/ l
-Capital cost	: ₩112/ l
<hr/>	
-Total production cost	: ₩504/ l

〈Ⅴ 3〉

Optimum operation parameters for fuel alcohol production in pilot plant with capacity 300kl/year.

Item	Cooker	Sacch. tank	Fermentor	Distillation	
				N-pentane	MSDP
TS(%)	17	17	17		
Temperature(°C)	85/98(1/2nd)	60	30-35		
Alcohol(%)			9.4-9.5	99.5wt%	99.5wt%
RTS(%)			0.9-0.95		
pH	5.6-5.9	4.0	3.8-3.5		
Enzyme dosage	0.11/Ton	20spu/g			
Sacch. ratio(%)		75-79			
Ferm. ratio(%)			93-94		
PD(g EtOH/1.h)			1.24		
Dist. ratio(%)				above99.0	above99.0
Steam(kg/1. EtOH)	0.9			2.7	2.1
Yield(1/Ton)				425	425

## 2. 국내 실용화를 위한 보급 방안

### 1) 개요

지구환경 파괴문제가 점차 심각해짐에 따라 1980년대 중반부터 지구환경보존에 관한 범세계적인 관심이 고조되기 시작하여 몬트리올의 정서, 바젤협약, 기후변화협약 등 국제환경협약이 체결되고 있으며 이에 따른 자동차 배기가스에 대한 국제적 규제도 점차 강화되고 있는 추세이다. 이러한 외부적 환경변화 요인 이외에 우리나라는 에너지의 대부분을 해외에 의존하고 있으므로 국내자급이 가능한 대체에너지의 개발이 시급한 실정이다. 전술한 국내 여건을 감안하여 도입을 추진하고 있는 연료용 알콜은 경제성 측면에서 다소 취약하지만 이는 장기적으로 지속적인 기술개발을 통해 해결이 가능하며 현 시점에서 CO, HC배기가스 감소효과가 입증됨에 따른 환경비용 감소측면을 고려하여 국가적 차원에서의 경제성은 충분할 것으로 예상된다. 따라서 합산소 연료인 연료용 알콜은 대체에너지 개발과 환경보전 측면을 고려한 정부의 의사결정이 수반될 경우 그 도입에는 무리가 없을 것으로 사료되며, 파급효과는 국가적인 차원에서 상당한 기여를 할 수 있을 것으로 예상되며 10% 연료알콜이 실용화될 경우 연료알콜 시장은 현재 추정시장 규모의 4.5배(자동차 700만대 기준)에 상당하는 시장 잠재력이 있을 것으로 추정된다.

또한 경제성장에 따른 에너지 수요 증가는 필연적이며 에너지 수요의 대부분을 해외 화석연료에 의존하고 있는 국내 경제의 에너지수급 취약성을 지양하고, 지구환경보전을 위한 수송연료의 국제적 관심고조 및 규제가 강화되고 있는 추세에 대응하기 위한 환경친화적 대체에너지 개발사업의 일환으로 추진되고 있는 연료용 알콜의 국내 시범보급사업은 자금

및 세계지원 분야에서의 정부지원이 뒷받침될 경우 국내 도입이 가능할 것으로 사료되며, 이는 또한 국내 에너지 자급률 향상과 환경오염 방지 측면에 있어 지대한 공헌을 할 수 있을 것으로 예상된다.

### 2) 보급 방안

연료알콜의 보급확대를 위해서는 시범적 보급단계에서 부산 혹은 특정지역에 단계적인 보급을 시작하고, 장기적으로는 생산보조금 지급을 통한 저가유통, 가솔린에 대한 연료알콜 혼합 의무화 등의 정부지원을 토대로 MTBE는 물론 가솔린도 연료알콜의 대체를 유도한다. 연료알콜의 유통체계에 있어 유통가격은 연료알콜에 대한 주세, 교통세, 부가가치세 면제를 통해 실용화를 확대할 수 있다.

### 3) 유통방안 및 기술개발

연료용 알콜의 유통방법은 유통비용을 최소화 할 수 있도록 하기 위해 기존 석유제품의 유통체계를 최대한 활용하여 연료알콜의 유통은 기존 주유소의 유통체계를 유지하고, 설비투자비용이 많을 경우 주유소의 연료알콜 전용 주유기와 저장탱크의 설비투자비를 정부가 지원하는 방법이 있다. 또한 생산자는 지속적인 기술개발을 통한 원료기질 다변화(현행 옥수수, 타피오카 등, 장기적으로는 섬유질계 원료 대체 연구)와 생산원가 절감은 매장량이 한정된 화석연료를 재생산이 가능한 Renewable energy로의 대체가 가능하여 국내 에너지 자급도를 향상시키고, 지속적인 연구개발을 통해 원료기질 다변화와 생산원가 절감을 통해 에너지 해외의존도를 감소시켜 경쟁력을 확보한다.

### 4) 정부역할, 지원제도 및 관련법

연료용 알콜의 원료기질 다변화, 가격경쟁력

확보를 위한 지속적인 연구개발과 설비투자를 위해 단기적으로는 기술개발자금, 정부출연금, 시설자금 등을 지원하고 장기적으로는 탄소세, 환경개선부담금 등에 의해 조성된 자금지원이 검토되어야 한다. 또한 법적 지원 측면에서는 대체에너지 및 환경관련 법규에서 연료알콜에 대한 지원규정을 명문화하고 주세, 특별소비세, 부가가치세의 면제와 보조금 또는 생산장려금 지원을 통해 저가유통을 유도하며 일정 기간동안 동 제품의 수입을 배제하고 석유사업법을 개정보완한다.

### 3. 가스홀 차량 시내 주행실험 결과 요약

시내 주행시험은 평균 주행거리가 47.145km인 33대의 자동차로써 6개월 동안 실시한 결과, 휘발유 대신 가스홀(10% 연료알콜 함유)을 사용했을 때 배출가스는 평균 CO:52.8%, HC:53.9%로 현저한 감소율을 보였다(표 4). 또한 설문조사를 실시한 결과 실용화에 있어 문제점은 없는 것으로 조사되었으며, 대기오염 방지와 시민 건강, 대체에너지 차원에서 조기 실용화를 원하고 있는 것으로 나타났다.

## Ⅲ. 외국의 연료용 알콜 현황

### 1. 일본

일본은 석유 부족을 보충하기 위해 1937년에 이미 알콜 혼입법을 만들어 20%까지 휘발유와 혼합한 가스홀을 사용하도록 하였으며, 2차 세계대전 중에는 항공연료로서 알콜이 중요한 위치를 차지한 바 있다. 석유위기 이후 통산성은 "종합 에너지 계획"을 발표하였으며, 1979년 8월후 통산성을 중심으로 장기 에너지 수급상 알콜 도입을 적극 검토하고 있으나 근래 석유가격 안정으로 사용이 보편화 되지는 않고 있으나 언제든지 대체에너지로서 알콜 도입이 가능한 생산체계를 유지하고 있는 실정이다.

### 2. 브라질

1920년대부터 알콜을 연료로서 사용해 왔으며 처음에는 3%를 혼합한 가스홀을 사용하다가 1973년 1차 Oil shock 이후 축적된 알콜제조를 바탕으로 1975년 11월에 10년 계획으로 "국가알콜계획, The Brazilian National Alcohol Program"을 추진하여 세계에서 대체에너지 부분에서 가장 성공적인 국가로서 자동차연료

〈표 4〉 Analytical results of CO and HC in vehicle exhaust emission when using gasohol blended with 90% gasoline and 10% fuel alcohol(33 vehicles).

Analytical items	Gasoline	Reduction rate(%)							
		1st		2nd		3rd		Average	
		Con.	(%)	Con.	(%)	Con.	(%)	Con.	(%)
CO(%)	0.36	0.25	30.6	0.13	63.9	0.14	61.1	0.17	52.8
HC(ppm)	138	76.0	44.9	54.0	60.8	60.7	56.0	63.6	53.9

에 22%까지 혼합한 가스홀을 보급하였으나 1980년도 3월부터는 100% 알콜 자동차가 보급되기 시작하여 현재 운행되고 있는 알콜전용차량(Neat ethanol, Hydrated ethanol, 95.5%)이 450만대, 가스홀(22% 알콜 혼합) 전용차량이 900~1000만대에 이르는 것으로 조사되었다.

브라질은 특히 석유의 해외의존도 감소를 위한 대체에너지개발, 내륙개발과 사탕수수농장의 유희인력 활용을 통한 고용창출의 극대화, 국제적인 원당가격 하락에 따른 사탕수수의 추가용도 개발 등을 도입배경으로 브라질은 연료알콜 생산사업을 정부주도하에 국가알콜프로그램(NAP)을 수립하여 추진하여 왔으며, 연료알콜 생산량은 1994년 기준시 374개의 공장에서 연간 약 40억 Gallon(15,200천kl)이 생산되고 있으며 이는 전체 가솔린 소비량의 50%에 달하는 물량이다.

또한 브라질은 정부주도하에 연료용 알콜의 수요촉진정책을 추진하고 있으며, 기존 원당의 가격에 따라 생산량이 변동될 가능성이 있으나 세계적인 청정에너지 사용증가 추세, 알콜 산업구조, 사회경제적 여건을 감안할 경우 당분간은 현재의 수요수준을 유지할 것으로 예상된다.

### 3. 미국

미국은 자동차 알콜 연료의 역사는 이미 1880년대에 알콜로 달릴 수 있는 자동차를 설계하였고, 1973년 석유위기 이후 10% 알콜을 혼합한 가스홀을 사용하였으며 현재 20% 가스홀이 상용화되었다. 1978년 환경보호청(EPA)에서 가스홀판매를 법으로 제도화하여 정유공장, Terminal 및 주유소에서 혼합판매하고 있으며 91년형 이후 생산하는 모든 자동차와 트럭에 가스홀 사용을 추천하고 있었다. 92

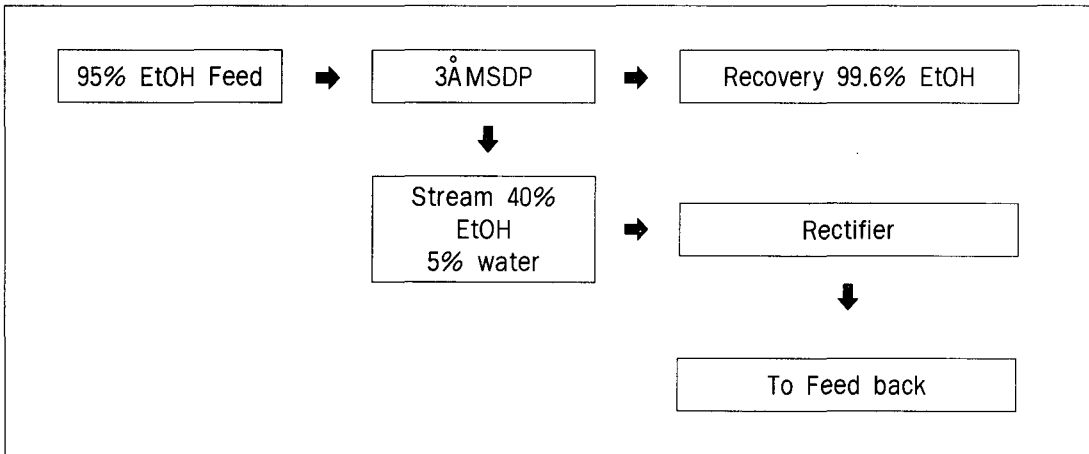
년 5월 현재 연방정부 및 州정부의 능동적인 지원으로 연료알콜의 시장점유율이 미국전체의 8%를 차지하며, 특히 Nebraska주는 전체 수송연료 중 46.03%이상이나 차지할 만큼 실용화, 보편화되고 있었다. 또한 미국은 연료알콜 정책과 함께 농업보호정책, 대기정화법 및 합산소연료 사용 Program 발효 등 복합적인 이유로 인해 연료알콜 시장이 급팽창할 것으로 예상되며 2030년까지는 지구상에 가장 풍부하게 존재하는 목질계로부터 알콜발효를 상용화하여 현재의 16배에 달하는 연간 640억 리터 정도의 알콜시장 형성을 예측하고 있다.

#### 1) 연료알콜 정책

연방정부가 세계혜택을 적극 지원하므로써 연료알콜 생산량을 확대시킬 수가 있을 뿐만 아니라 정유 공장, Terminal, 주유소에서 의무적으로 혼합 판매하도록 법으로 규정하고 있다. 정부에서는 합산소 연료(Oxygenated fuels)사용을 강화하므로써 직접적으로 자동차의 대기오염물질 배출량과 석유 의존도도 감소를 가져올 뿐만 아니라 잉여농산물 활용과 농업정책에도 크게 기여하고 있다.

#### 2) 연료알콜 생산기술

연료알콜제조에 Entrainer로서 Cyclohexane(CHX), Diethyl ether, Benzene, Gasoline 등이 있으나 Pentane을 제외하고는 경제성이 비슷하므로 미국에서는 CHX를 주로 사용하고 있으나, 앞으로 환경오염 측면에서 Entrainer 사용규제가 예상되므로 Vogelbusch에서는 새로운 공정인 Molecular sieve dehydration공정을 Nebraska에 있는 연료알콜공장 증설에 적용하여 성공적으로 운전하고 있다. 이 새로운 공정은 진보된 공정으로 평가되고 있으나 초기 투자비가 비싼 반면 유지 관리비가 싸고 재질의 耐久年限이 5년 정도로 다른 정제방법보다 경



[그림 3] Block diagram of MSDP for fuel alcohol dehydration.

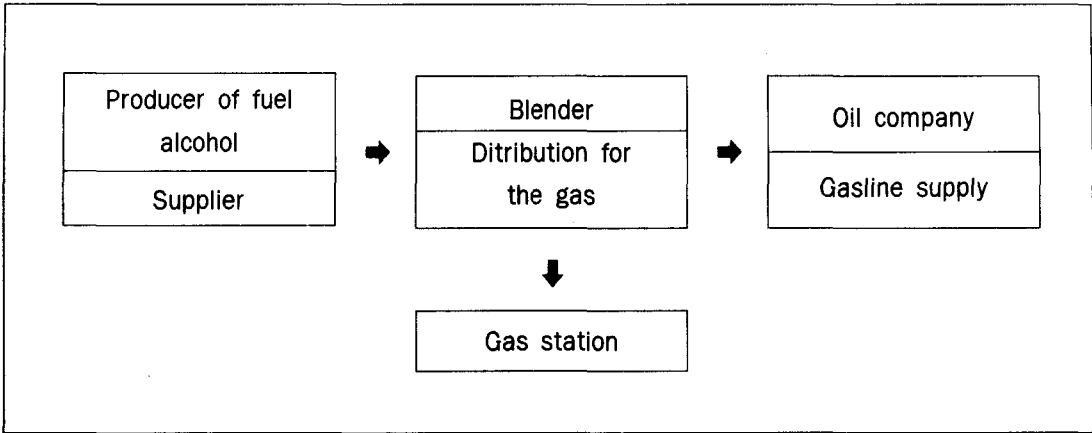
제성이 우수한 것으로 보고되고 있으며, 당 알콜조합의 Pilot plant에서도 성능이 입증된 바 있다. MSDP 공정을 채택할 경우 에너지는 기존의 CHX를 사용하는것보다 30%이상 절약 가능하며, 일정 기간 사용 후 MS를 보충하면 되므로 Maintenance가 용이하고 운전경비가 절감되는 공정이다(그림 3 & 표 5).

3) 미국의 유통체계와 연료알콜 보급현황  
미국의 연료알콜 유통은 중간도매업자 성격

의 블랜더(Blender)가 중추적인 역할을 담당하는 바, 블랜더는 가솔린과 연료용 알콜 또는 MTBE를 혼합하여 개질가솔린(Reformulated gasoline)을 제조, 주유소까지 유통하는 역할을 담당하고 있으며, 블랜더는 탱크로리, 철도, 바지선을 통해 수송된 연료용 알콜을 Top-off 방식과 In-line블렌딩 방식을 이용하여 가솔린에 첨가하여 10%농도의 연료용 알콜이 혼합된 가스홀을 제조한 후 각 주유소에 공급하고 있다. 한편, 연료알콜의 수송은 부정유통을 방

<표 5> Comparison of utilities between old and new type of Vogelbuch.

Process	Old type	New type(MSDP)	Remarks
Starch	5	5	1bs steam/gal- power alcohol
Distillation & Dehydration	18	16	
Evaporation	8	4	
Drying	17	17	
Total	48	42	



[그림 4] Circulation system of fuel alcohol in U.S.A.

지하기 위해 출고시 3~5%의 가솔린을 혼합한 변성알콜 상태로 출고되고 있으며, 전술한 미국의 연료알콜 수송경로를 요약하면 다음 [그림. 4]과 같으며, 미국내 유통되고 있는 연료알콜은 연간 약 10억 갤런으로 추정되며 이들 대부분은 10% 혼합 가스홀 형태로 유통되며 전체 휘발유 시장의 약 6%에 이르며 각주의 시장 점유율은 <표 6>과 같이 Nebraska주

가 46.6%로 가장 높다

4) 연료알콜 생산공정 조사

Chief Ethanol Fuels Ind.[그림 5, 6, 7]와 Chippewa Valley Ethanol Company(CVEC)공장은 미국에서 대표적인 연료알콜 생산공장이므로 연료알콜이 실용화될 경우 생산공정을 모델로 할 수 있는 수준의 공장으로 생각된다.

<표 6> Market share of fuel alcohol in U.S.A.

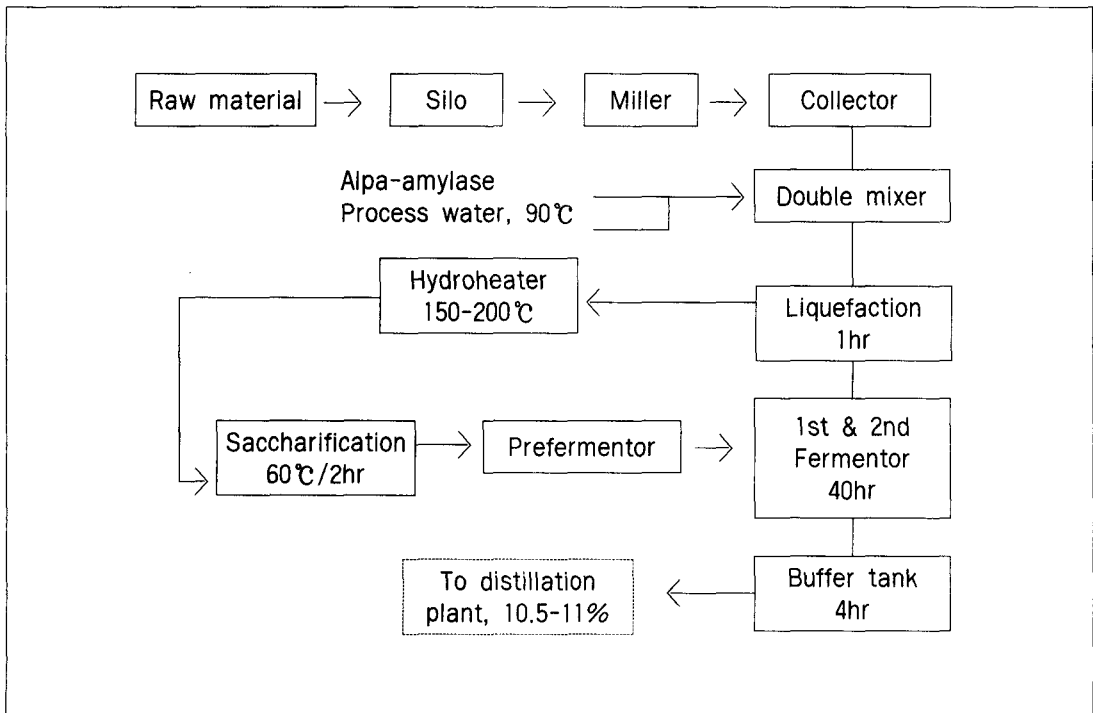
State	Share, %	State	Share, %	State	Share, %
Nebraska	46.03	Illinois	36.30	Iowa	35.74
Kentucky	35.74	South Takota	35.47	Minesota	28.53
Wyoming	25.80	Ohio	25.26	Indiana	21.23
Missouri	16.65	North Takota	15.31	New York	9.49
Arizona	9.46	Alabama	8.28	West Virginia	8.28



CVEC 공장은 금년 5월부터 상용 가동을 하고 있는 공장으로 주원료인 옥수수과 보리를 20% 가량 혼합 또는 전량 보리작업을 한 바 있는데 작업 공정상 문제점은 현재까지 전혀 발생하지 않았다고 한다. 특히 이 공장에서는 발효 Mash의 경우 Spiral Heat Exchanger (SHE)가 아니면 알콜제조 공장의 냉각용으로는 지금까지 비발효 殘糖分 및 현탁성 입자들 중 조섬유 성분으로 인한 막힘현상(Blocking) 때문에 사용이 불가능한 것으로 알려져 왔으며, 국내 주정공장에서도 모두 高價인 Spiral type의 열교환기를 사용하고 있는 실정이다.

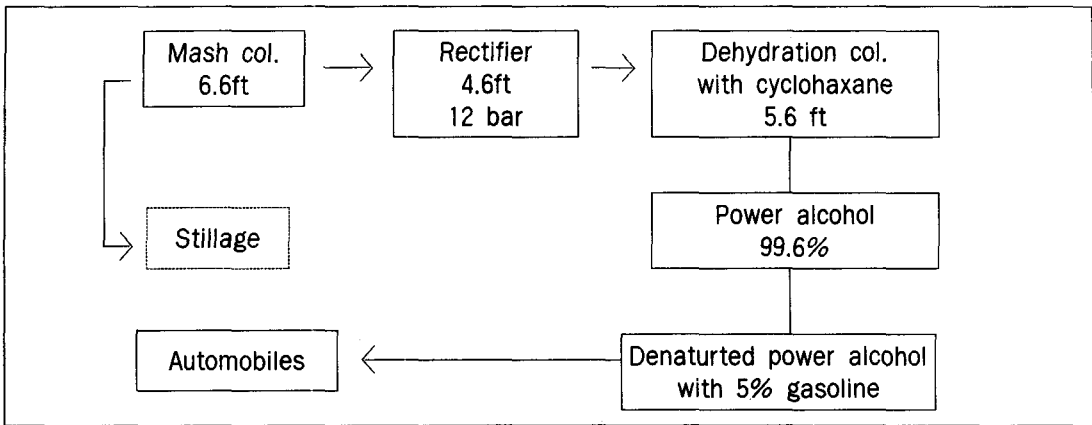
그러나 이 CVEC 공장에서는 유체역학적으로 배관규격을 설계하여 가격이 SHE보다 1/10 수준인 Plate Heat Exchanger(PHE)를 채택하였으나 현재까지 막힘 현상은 전혀 없

었다고 한다. 또한 공장 전체의 배치도(Lay-out)가 깔끔하고 배관, 전기 등 지금까지 견학한 여타 공장보다 매우 간단하고 효율적으로 설계된 공장인 것으로 판단되었다. 모든 재질은 SUS를 사용하였고 최종 생산 제품은 5% Gasoline을 혼합한 연료용 변성알콜로서 판매되고 있었다. 본 공장은 연료알콜 생산공장으로(연간 생산능력 : 15MMGPY : 860 DM/일, 330일 생산 기준, 표 7) 원료 입고에서 제품 생산까지 전자동 분산제어(DCS)를 하도록 설계되었으며, 증류탑은 요탑(Beer column), 요탈수탑(Stripper), 정제탑(Rectifying column)으로 구성되어 있고, 무수알콜 생산은 정제탑의 상부 알콜증기를 Super heater로서 재가열한 후 MSDP공정에 유입, 탈수하여 연료알콜을 생산하며 전체공정은 [그림 8]과 같다.

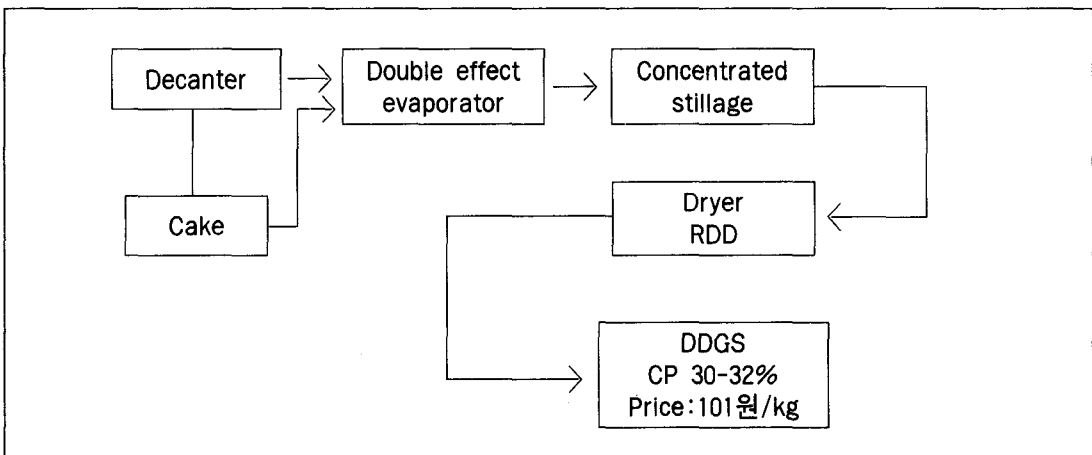


[그림 5]

Process flow for power alcohol from sorghum



[그림 6] Distillation plant for fuel alcohol

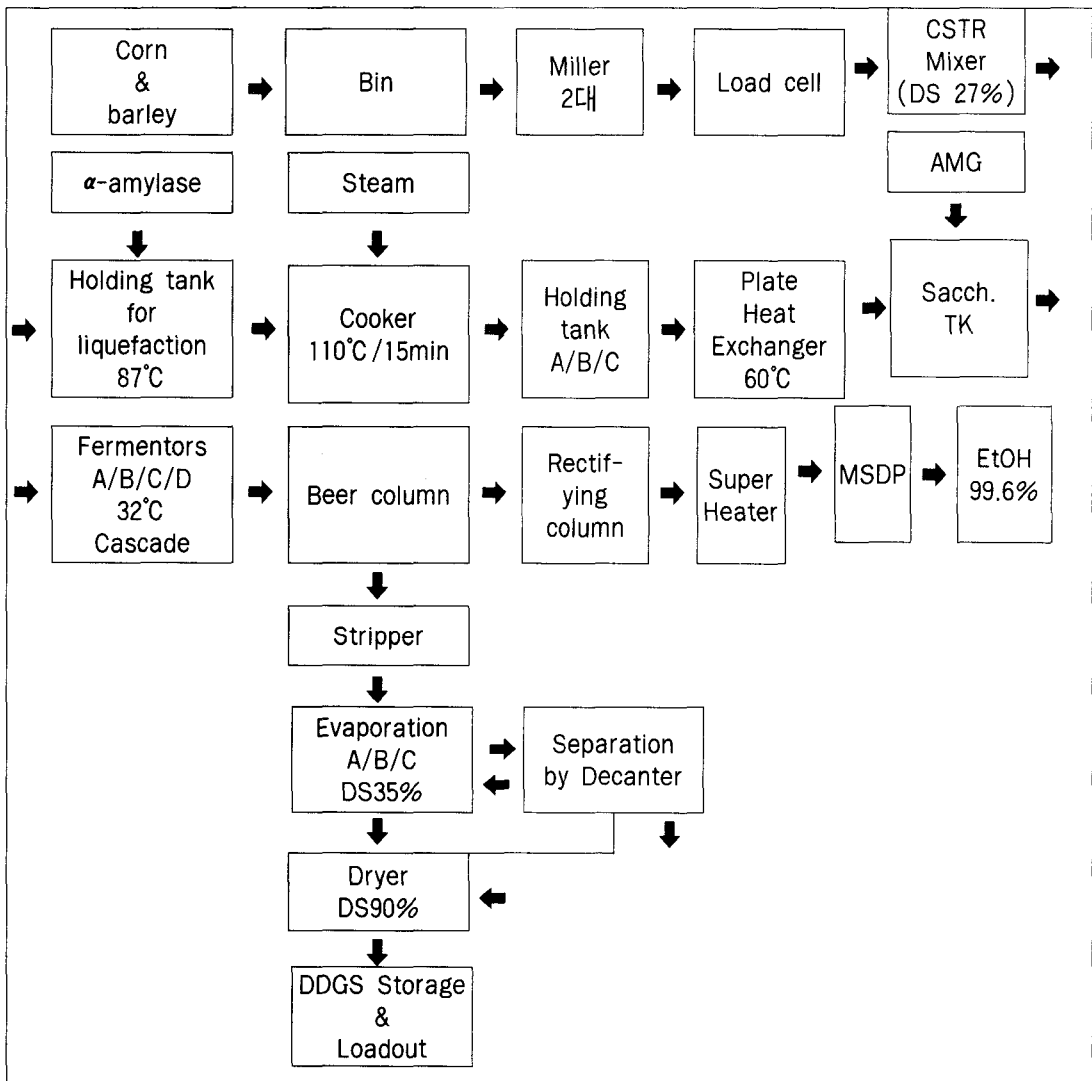


[그림 7] DDGS-production plant from stillage

<표 7> Properties of Chippewa Valley Ethanol Company(CVEC).

DPC* (DM/d)	Employee(people)		Average yield ( l /Ton)	Daily raw material used (Ton, corn)	DDGS	
	Design	Actual			Ton/d	Price USD/Ton
860	35	30	415	439	148	190

\*Daily production capacity



[그림 8] Block diagram for fuel alcohol production from corn and barley, Chippewa Valley Ethanol Company(CVEC), Benson, Minesota.

#### IV. 결론

부산광역시와 부산보건환경연구원 및 알콜조합이 공동으로 실시한 시내 주행실험에서 현저한 대기오염 저감이 입증된 만큼 연료알콜을 국지적으로 단계적확대 보급 및 실용화를 위한 제도적 법률적 장치를 마련할 수 있

도록 대정부 건의 및 관련 행정기관의 적극적인 관심과 협조로 상용화 공장건설 지원자금이 확보되기를 기대한다. 가스홀의 실용화를 통해 국민건강을 위협하는 심각한 대기오염으로부터 환경이 개선되고 국가안보차원에서 대체에너지 다양화에 기여할 수 있을 뿐만 아니라 연료알콜이 실용화되면 다시 한번 주정공업이 도약할 수 있는 좋은 계기가 될 것이다.

### 【참고문헌】

1. 第1次 海外出張報告書(美國). 1992. 대한알콜산업기술연구조합. 26-38
2. Cho K. R. et al Effects of ethanol blended gasoline on vehicle exhaust emission and fuel economy. 1994. NIER no. 94-16-431.
3. Ronaldo Seroa da motta et al. The brazilian national alcohol programme. 1988. Energy economics, July.
4. 바이오마스에의燃料. 化學燃料의開發技術資料集成. 1984. (株)フジシステムフジシステム出版部.
5. 연료용 알콜의 최적생산비용체계 연구. 1995. 대한알콜산업기술연구조합
6. Vogelbusch USA INC file. Dehydration of ethanol by molecular sieve beds.
7. 연료용 알콜 실용화 사업계획서-최종보고서-. 1996. 3. 대한알콜산업기술연구조합
8. 海外出張報告書(美國, 브라질). 1994. 대한알콜산업기술연구조합
9. Pilot Scale Multi-stage CSTR에서 전분질 원료를 이용한 알콜생산/ 1994. 南基斗 外. 한국산업미생물학회지. 22:80-84
10. 연료용 알콜 보급을 위한 관계법규 및 정부지원제도, 통상산업부, 1995
11. 연료용 알콜의 유통체계 연구, 1995
12. 에너지자원 기술개발지원센터 출장자료, 1993
13. Alcohol Outlook, 1992, 美國
14. The Impact of production Innovations in the Fuel Ethanol Industry, 1993, 미국
15. The Production of Ethanol from Corn in the United States, 1996, 미국
16. 자동차공해대책토론회자료, 1995, 부산광역시
17. 가솔린 차량 주행실험에 따른 배기가스 오염도측정 및 실용화 방안 연구, 1996, 부산광역시환경보호과/보건환경연구원/대한알콜산업기술연구조합
18. 자동차배출가스공해대책토론회자료, 1996, 부산광역시

Education is what survives when what has been learned has been forgotten.

교육이란 배운 것을 잊고 난 후에도 남아 있는 것이다.

- B.F. Skinner -

唐詩 감상 / 李白의 詩

春夜洛城聞笛

누가 부는 옥피리  
그윽한 저 소리.  
봄바람 속에 실려  
낙양성에 가득 차네.

이런 밤에 折楊柳  
저 가락 듣고  
그 누가 고향 생각  
일으키지 않으리.

誰家玉笛暗飛聲  
散入春風滿洛城  
此夜曲中聞折柳  
何人不起故園情