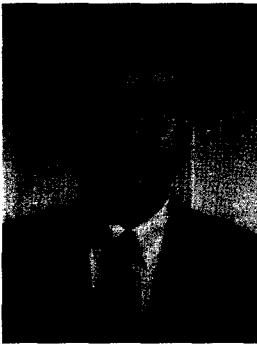


국내외 가스홀 이용 현황과 실용화 필연성



남 기 두
(일산실업 / 생산이사)

■ 目 次 ■

1. 서론
2. 우리나라 대체에너지 개발 현황
3. 외국의 연료알콜의 사용사례
4. 결론

1. 서론

최근 관련기관에서 발표하는 대기오염 정도를 보면 날로 오존 등 선진국형 대기오염이 심각해져 가고 있을 뿐 아니라 특히 호흡기 질환과 호흡기 암환자 증가도 대기오염 등 생활환경과 전혀 무관하지 않을 것이라는 생각을 해본다. 또한, 국제적으로도 대기오염과 지구의 온난화 방지를 위하여 기후변화협약이 발족되어 우리나라와 개발도상국에게는 국가적인 부담과 정치적 압박으로 작용되고 있다. 그러나 하나뿐인 지구 보존을 위하여 대기오염 저감을 위한 장기적인 정책을 마련하지 않으면 안된다고 생각한다. 따라서, 이와 같은 세계적인 추세에 부응하고 대도시 오염저감을 위한 적극적인 노력이 시도되고 있는 데 지난 11월 8일 부산광역시 주관으로 대한주류공업협회가 후원한 “대도시 오존저감을 위한 가스홀 실용화 추진 세미나”가 그 좋은 사례이다. 이 세미나를 통해 가스홀 사용 필연성을 공론화하고 대국민 홍보 및 여론을 수렴하는 행사를 갖게 됨은 시의적절하고, 매우 뜻 있는 행사였다고 생각된다.

가스홀의 실용화는 오존저감을 위한 하나의 대안으로서 연료용 알콜을 대체연료 및 옥탄가 향상제로서 대체가 가능하다. 가스홀[정의 : 휘발유에 에탄올을 혼합한 자동차 원료로서 기존

휘발유를 사용하는 자동차 엔진의 개조나 수정 없이 사용 가능한 에탄올 농도 25% 이하의 혼합 자동차 대체연료를 말함]을 자동차 연료로 사용하면 대기오염 저감효과가 있는 등 많은 잇점이 있으나 현재 실용화되지 못하고 있는 가장 큰 이유는 제조원가가 휘발유보다 연료알콜이 비싼 데 있다. 그러나 주정업계는 그 동안의 현장 생산경험과 기술을 바탕으로 생산원가를 낮추기 위하여 부단한 노력을 경주하고 있어 향후 수년 내에 경제성이 크게 개선될 것으로 전망된다.

더구나 1999년 “세계 오존층 보호의 날” 주제로서 “Save Our Sky : Be Ozone-Friendly”-오존친화적 제품을 사용하여 오존층을 보호합시다-라는 슬로건 아래 각 국가에서는 오존저감 대책을 체계적으로 개발하고 있다. 특히, 오존은 냉장고, 에어컨, 소화기 등 일상 생활용품에서 사용되는 프레온가스가 오존층을 파괴시키고 있다는 것은 주지의 사실이다. 오존층 파괴로 인해 자외선에 많이 노출되면 피부암과 백내장 등이 증가될 뿐만 아니라 기후변화에도 영향을 미친다는 것은 이미 밝혀 졌다. 이러한 문제는 이제 개인이나 국가의 문제에서 나아가 국제적인 사회문제로서 대두되고 있어 공동 대응방안을 강구하지 않으면 안되는 시대에 살고 있다. 따라서, 이와 같은 지구적 차원의 문제에 효과적으로 대처하기 위하여 유엔환경계획(UNEP)은 과학적 연구결과를 바탕으로 정부간 협상을 거쳐 1985년에 오존층 보호를 위한 비엔나협약을 채택하게 되었다. 또한, 구체적인 실천을 위하여 오존층파괴물질의 감축목표를 정한 몬트리올 의정서에 따라 각국은 오존층 보호의 중요성을 깊이 인식할 수 있도록 “세계 오존층 보호의 날”을 지정하여 홍보하기에 이르렀다. 이 같은 맥락에서 우리나라도 2005년에는 일부 프레온(CFC)에 대해 '95~'97년 평균

생산·소비량을 기준으로 하여 50%를 감축해야 하는 현실에 직면하게 되었다.

지구의 온난화 방지를 위해 1992년 UN환경개발회의에서 채택, 1994년 3월 발효된 기후변화협약은 세계 에너지수급체계에 근본적인 변화를 가져 올 것으로 예상된다. 우리나라는 장기적으로 에너지사용 저감노력과 더불어 원자력 및 신·재생에너지 등 비화석에너지의 비중을 높여나가는 정책과 노력이 요구된다. 뿐만 아니라 21세기에는 Bioenergy의 실용화가 우리의 현실로 다가오고 있으므로 대국적인 측면에서 가스홀 보급을 추진하는 것이 바람직하다. 이렇게 하기 위해서는 휘발유와 경쟁력을 가질 수 있도록 기술개발지원과 함께 대기오염저감 차원에서 미국과 같이 세제혜택을 통해 가스홀 실용화를 앞 당길 수 있다고 생각한다. 그러나 가스홀은 이미 미국, 브라질, 유럽연합, 태국 등의 국가에서 실용화되고 있으며, 장기적인 국가 중요정책으로서 대기오염저감과 지구보존을 위하여 노력하고 있는 실정이다. 이 같이 가스홀의 실용화는 국민보건과 국제사회의 큰 흐름임을 외면할 수 없는 현실로서 받아 들이고, 관련 정부기관에서는 상호 유기적인 협조를 통해 가스홀의 실용화를 위한 법적·제도적인 정책개발이 절실히 요구되고 있어 최근의 국내의 연료알콜 프로그램을 조사 보고하고자 한다.

2. 우리나라 대체에너지 개발 현황

2.1 국내 가스홀의 연구 동향

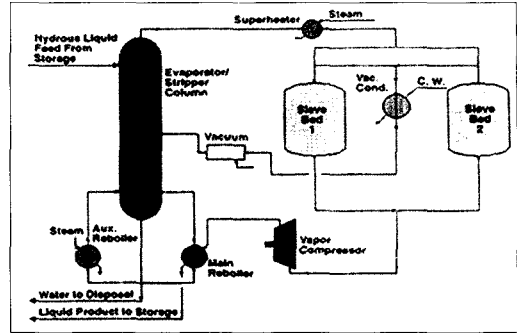
국내 주정제조 회사들이 대한알콜산업기술연구조합(1991. 8)을 결성하여 주정제조 현장에서 축적된 경험과 생산기술의 Know-How를 바탕으로 국책연구사업인 연료알콜생산과제를 성공적으로 수행한 바 있다. 가스홀 제조용 Pilot

plant(300kl/년)를 경기도 안산시 진로발효 공장내에 1993년 5월 27일 준공하여 연료용 무수알콜의 생산제조기술을 국산화하는데 성공하였다. 여기서 생산된 무수알콜로써 만든 가스홀(E10)을 이용하여 1995년 12월~96년 6월(6개월)까지 자동차 주행 실증실험을 부산광역시에서 성공적으로 입증한 바 있다. 이번에 개발된 연료알콜제조공정은 국내 주정 제조회사들이 채택하고 있는 재래방법인 회분식 공정보다 생산성이 높고 공정의 자동화가 용이한 연속발효 공정이다(그림 1). 발효요로부터 회수된 함수알콜의 탈수는 [그림 2]과 같이 공비증류법(Azeotropic distillation)과 분자체공법(Molecular sieve process, MSP)이 있다. 공비증류의 함수알콜(95% v/v)을 탈수탑(Dehydration column)에서 용제(N-pentane, Cyclohexane 등)를 사용하여 탈수한다. 최근에는 공비증류보다 MSP 공정에 의한 기술이 보편화되면서 운전 및 유지관리가 재래 증류법에 비해 용이하고 생산원가도 약 15%정도 낮은 것으로 확인되었다. 연료알콜의 생산은 국내 주정제조 잉여시설에 무수알콜제조 공정만 추가적으로 설치하면 단시간 내에 연료알콜을 생산, 공급할 수 있는 체제로 전환이 가능한 실정이다.

[그림 2] 안산 (주)진로발효 공장내에 설치한 연료용 알콜생산 Pilot Plant(생산능력 300kl/년)



[그림 3] 연료알콜(무수주정)을 생산하는 자제 (Molecular sieve dehydration)공정



2.2 대체에너지개발 배경과 연료알콜의 위치

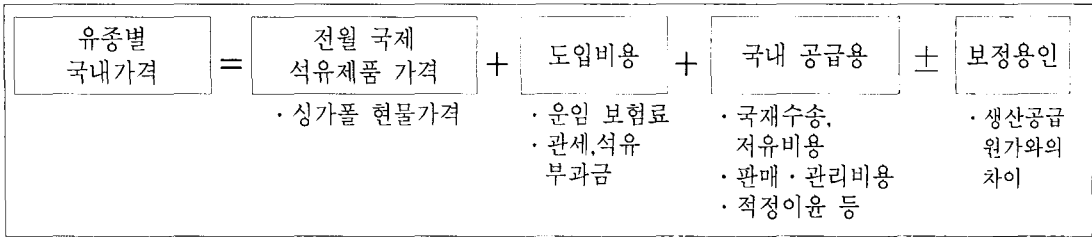
대체에너지개발 및 이용·보급촉진법상 대체에너지는 석유, 석탄, 원자력, 천연가스가 아닌 태양열, 태양광, 바이오매스, 풍력, 소수력, 지열, 해양, 폐기물, 연료전지, 석탄액화·가스화, 수소에너지 등 11개 분야로 지정되어 있다. 대체에너지 개발은 고비용에 비해 현재로서 경제성은 떨어지지만 유한한 화석에너지의 고갈문제와 환경오염 저감문제에 대한 근본적인 해결방안이라는 점에 주목해야 한다.

1970년대 두 차례의 석유파동 이후 대체에너지기술개발의 필요성이 인식되어 대체에너지기술개발촉진법이 제정·공포되었다. 이 법은 대체에너지 이용·권고제, 시범보급사업, 대체에너지이용에 대한 보조·융자 및 세제지원과 국·공유재산이용 등의 지원근거를 마련하게 되었다. 2000년 4월에는 대체에너지개발·보급 3개년계획을 수립하여 실증연구사업과 성능평가사업 등 제도적인 기반확충에 주력하고 있으나 Bioenergy 분야는 현재 미흡한 실정이다.

연료알콜의 사용은 대기환경 개선, 생분해, 국내 확대 재생산이 가능한 에너지원이다. 알콜을 휘발유에 혼합한 가스홀을 자동차에 사용하면 오존, 일산화탄소, 입자상물질, 질소산화물을

[그림 3]

유가 결정 모델



감소시키며, 휘발유 내 미국환경보호국에서 암유발 또는 유발 가능성이 있는 물질로 분류되는 벤젠, 1,3부타디엔과 같은 독성물질의 배출이 크게 감소된다. 따라서, RFG, 재생가능 바이오에너지, 대기오염 감소효과 등을 감안, 환경단체 등 NGO와 연대하여 여론을 확산시키고, 농민소득 증대 및 WTO 농산물 수입개방화와 관련하여 우리나라 실정에 맞는 가스홀 보급정책을 추진할 경우 국민의 삶에 질적 개선은 물론 알콜산업에 경제적 파급효과도 기대가 된다.

2.3 가스홀 실용화를 위한 인센티브 제도 마련

우리나라의 유가 결정은 국제 유가연동제에 의한 유가결정방식을 채택하고 있다. 즉, 생산공급원가(원유비, 관세, 석유부과금, 정제비 등)는 [그림 3]과 같이 결정된다. 따라서, 연료 알콜의 보급확대와 가격 경쟁력 제고를 위해서는 교통세율 등에서 세제인센티브가 있어야 한다. 미국에서는 중앙정부와 주정부가 이중으로 연료알콜에 대하여 세제혜택을 부여하고 있다. 즉, 휘발유와 가격 경쟁력을 가질 수 있도록 세제감면 혜택을 제공하여 연료알콜의 보급을 전국으로 확대하는 정책을 펴고 있다.

가스홀의 보급을 효과적으로 추진하려면 환경문제와 정치적인 결정만으로는 성공할 수 없고, 실질적인 경제성 확보를 위해 산업계에서도 부단한 R&D가 따라야 한다. 더구나 과학기술과 자동차 산업의 급속한 발전은 궁극적으로

자동차 연료에 의한 환경오염문제를 개선하여 가스홀 사용을 줄일 가능성도 배제할 수 없는 실정이다. 그러므로, 가스홀 보급의 성공적인 추진은 장기적인 국가정책으로 개발되고 국민들의 공감을 얻는 정책으로 발전시켜 오염이 심각한 대도시 중심으로 국지적인 시범보급을 추진하는 것이 바람직하다고 생각된다.

2.4 MTBE의 대체는 가능한가?

휘발유의 옥탄가 및 함산소 증가제인 MTBE는 강력한 수용성으로 휘발유 유출사고나 저유조에서 소량 누설로도 엄청난 양의 지하수를 오염원시킬 수 있다. 실제로 미국 전역의 도시수도에서 27%, 어떤 지역에서는 지하수의 44%가 오염되어 있다고 보고된 바 있다. 따라서, 알콜은 MTBE의 대체물질로서 산소함량이 35%로 MTBE 18%에 비하여 매우 높고, 재생산이 가능한 대체에너지로 관심의 대상이 되어 왔으나 MTBE는 석유회사들이 자체에서 제조 공급하므로 경제성 측면에서 알콜보다 가격이 저렴한 장점을 가지고 있다. 그러나, 최근에는 대기오염저감을 위하여 자동차의 함산소연료 사용기준이 크게 강화되고 있는 추세를 감안하면 함산소량이 많은 알콜의 대체 사용을 적극 신중히 검토해야 될 것으로 생각한다. 또한, 아시아-태평양 각국들이 휘발유에 MTBE 사용량을 보면 한국 6.4%, 일본 0.3%, 태국 4.7%, 인도 1.4%로서 평균 1.6%에 비하여 우리나라 휘발

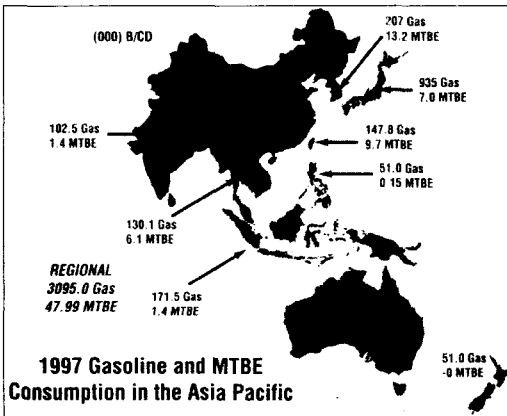
< 표 1 > 옥탄가 비교

	보통 휘발유	가스홀 (E10)	MTBE	에탄올	비 고
옥탄가	87	90	119	129	MTBE: Methyl Tertiary Butyl Ether

유는 약 4배 많이 사용되고 있음을 알 수 있다 (그림 3). 옥탄가 향상을 위해 휘발유에 10% 에탄올(E10)을 혼합하면 약 3 Point의 옥탄가가 증가될 뿐 아니라 산소함량이 증가되어 대기오염을 감소시킬 수 있을 것으로 예상된다(표 1).

대기오염저감의 일환으로서 정부는 지난 5월 석유사업법 시행령 제30조 제2호의 규정에 의거, 바이오디젤을 에너지이용효율 향상을 위하여 이용보급을 확대할 필요가 있다고 인정되어 시범보급사업 추진에 관하여 고시한 바 있다.

[그림 3] 아시아-태평양 국가들의 MTBE사용량 비교



3. 외국의 연료알콜의 사용 사례

3.1 브라질

1975년도에 10개년 계획(The Brazilian National Alcohol Program, Proalcool)으로 연료알

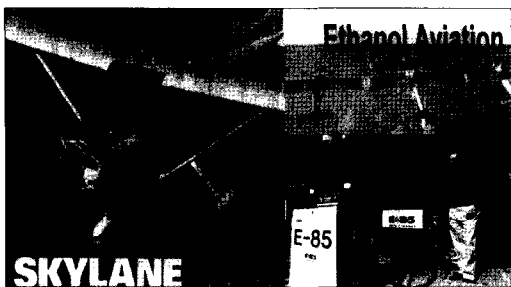
콜사업을 추진하였으며, 현재까지 세계에서 가장 성공한 국가이다. 휘발유에 22% 알콜을 혼합한 가스홀(E22)과 알콜 전용차량이 운용되고 있으나 최근에는 알콜소비를 촉진하기 위하여 혼합비율을 25%까지 증가시키고 있는 실정이다. 브라질은 사탕수수 등 풍부한 농산물을 이용하여 연료알콜을 생산하고 있다. 특히, 파라나주(Parana state)의 알콜생산자 협회(ALOPAR), 알콜공장의 기업연합(SL-ALPAR), 설탕공장의 기업연합(SLAPAR)등이 알콜관련 산업을 주도하고 있다. 무수알콜은 1957년 처음으로 사용되었으나 1992년 법적(No.9998)으로 22% 가스홀의 의무 사용으로 제도화됨에 따라 내수 시장의 20%에서 2001년도에는 57%까지 증가되었다. 더구나 에너지관련 협회는 대기질 및 자동차 매연 발생량을 통제하기 위한 국가적인 프로그램을 입안하여 국가 중요 정책으로서 강력히 추진되고 있다. 최근 연간 무수알콜 23,088,500kl, 함수알콜 25,539,500kl를 각각 생산되고 있으며, 440만대 자동차 중 60%는 E22, 나머지 40%는 알콜전용차량인 것으로 조사되었다.

3.2 미국

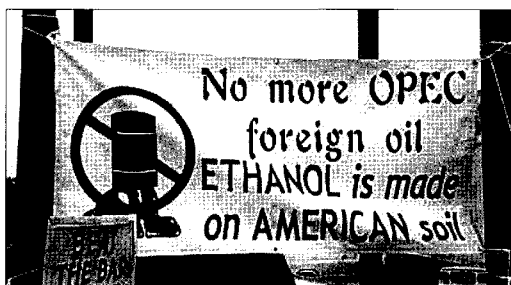
(1) 배경

1차 oil shock 이후 알콜생산이 급신장하게 되었다. 현재 연료알콜산업은 전국에 60여 개의 기존 플랜트를 포함하여 과학, 엔지니어링, 비즈니스의 새로운 모델로 자리잡고 있다. 20억 갤런에 이르는 생산량과 확장중인 주요설비는 미국에서 정치·경제적으로 중요한 의미를 갖게 되었다. 특히, 연료알콜은 1980년대와 1990년대 초에 걸쳐 Biomass를 통한 연료알콜 생산요구와 미국 맑은 공기법안(US Clean Air Act)의 입안으로 가속화되었다. 그러나, 각 주정부의

[그림 4] 알콜비행기 및 E85 사용 자동차



[그림 5] 연료 알콜사용 캠페인



의지에 따라 제한적이었으나 금세기 들어서 "The California Waiver"라 불리는 캘리포니아주의 연료 재배합 프로그램에 대한 부시행정부의 거부권에 따라 연료알콜의 생산플랜트 건설이 크게 증가하게 되었다. The California Waive란 연료의 옥탄가 증가제인 MTBE는 환경보호에 역행하는 물질로서 사용금지 조치가 내려짐에 따라 이것이 알콜로 대체되게 되었다. 캘리포니아 주정부는 모든 재배합 휘발유 프로그램 (Reformulated gasoline program, RGP)에 따라 즉각 MTBE 사용을 금지시킨 바 있다. 따라서, 캘리포니아 인근의 주에서도 연료알콜에 대하여 당연히 관심을 갖게 되어 오늘에 이르게 되었으며, Nebraska주의 경우 자동차 연료의 46%가 가스홀로 대체되고 있는 실정이다. 가스홀 자동차의 대기오염저감효과는 이미 잘 알려져 있으나 가스홀을 자동차 1.6조 km의 무사고 주행으로 일산화탄소가 25% 감소되었다고 EPA에서 공식 보고되었다.

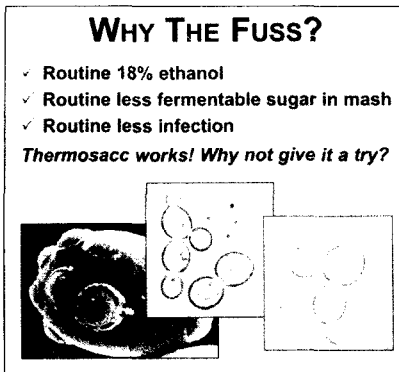
미국의 공기 청정법안은 ①알콜 2.7 wt%가 혼합되어야 한다는 겨울철 연료프로그램 (Winter fuel program), ②2.0 wt%의 알콜을 혼합해야 하는 RGP, ③ 3.5 wt%를 주장하는 미네소타주의 프로그램(Minnesota program)과 같은 주정부의 정책 등으로 인해 알콜의 이용 가능성은 매우 좋은 전기를 맞고 있다. 이 같은 이유로 알콜산업은 시장요구에 의하여 가스홀 뿐만 아니라 소형항공기 및 알콜 전용차량이 속속 등장하고 있는 실정이다(그림 4 & 5).

(2) 생산규모와 발효기술

미국내 알콜생산의 증가는 두 가지 형태로 기존 알콜공장의 증설과 신규공장건설로 구분된다. 건설중인 신규공장은 35~40개로 2003년에 가동이 개시될 것으로 예상된다. 이 알콜생산공장을 합치면 연간 생산량이 400만 갤런을 초과할 것으로 예상되고 있다. 따라서 2003년 말에는 미국내 연료알콜생산량이 30억 갤런에 달하고, 향후 5년내에 50억 갤런까지 생산량이 증가될 것으로 예상하고 있다. 알콜 사용증가는 미국 원유수입 대체가 650억 달러에 상당하는 유류 절감이 예측되고 있다. 이 절감효과는 대부분 곡물을 재배하는 농가에 환원될 것이다. 이와 같은 정치·경제적인 계기는 2001년 9월 11일 발생한 WTC의 테러공격으로 알콜산업은 새로운 국면 전환을 맞게 되었다.

최근 알콜발효는 고상발효(Solid state fermentation) 공법을 이용하여 곡물의 섬유질 기원인 당류 발효를 위한 각종 효소가 개발되고 있다. 뿐만 아니라 생산성이 높은 고온효모(Thermophilic yeast)와 내알콜성효모 육종균을 사용하여 속성발효 가능성을 제시하고 있다(그림 6). 특히, 연료알콜 발효기술은 기질농도 30 brix 이상 요에서 15% 이상의 알콜발효가 보편화될 것이며, 이는 알콜생산 공정에 생물공학기

[그림 6] 고온균주 육종



법이 적용되면 생산성은 더욱 증가되어 제조 원가는 점점 낮아지게 될 것으로 예상된다.

(3) 발효부산물의 이용

알콜 사용 증가가 산업의 지속적인 발전을 가져올 것인가에 대해서는 아직 속단하기 어렵다. 그러나 알콜과 함께 생산되는 부산물의 경제적 이익에 대해서는 대단히 긍정적이다. 옥수수로부터 생산되는 수십억 갤런의 알콜 외에 200만톤 이상의 발효부산물(DDGS)가 새로운 사료시장을 형성하고 있다. 미국에서 생산되는 상당량의 DDGS는 해외에서 그 용도를 찾을 수 있을 것이다.

미국의 농무성은 장기적으로는 연료알콜의 가격보다 DDGS의 평균생산비용이 더 많이 소요될 것으로 예측하였으나, 현재는 이의 부산물 판매로 인하여 전체 알콜생산의 수익성이 보전되고 있다. 만약, 이 DDGS의 가격이 주 생산물인 알콜과 함께 가격이 동반 하락하게 될 경우 알콜산업은 경제적으로 손실에 직면하게 될 것으로 예상되나 현재로서는 경제성 제고에 부산물이 기여하는 비중이 크다.

3.3 유럽 및 일본

유럽의 경우 European Alcohol Program에 따

라 가스홀 보급을 2005년 2%, 2007년 3.5%, 2010년 7%까지 확대보급을 추진하고 있다. 또한, EU 경제장관들은 바이오디젤 등 바이오연료에 부과되는 소비세 감면을 합의한 바 있으나 기후협약 이행 보다는 환경단체의 주장을 수용한 것으로 분석된다. 1997년 EC회원 백서에서 재생에너지에 관한 전략 Action Plan을 발표한 바 있다. 이에 따르면 식량과 잉여농산물의 새로운 개척 차원에서 각국의 산림과 바이오매스를 이용한 바이오에너지의 확대보급을 위한 기술 개발을 추진하고 있다. 특히, 스웨덴은 화석원료를 2010년까지 15%를 대체하고자 25개의 공장을 건설하고 있다.

일본도 신에너지개발기구(NEDO)를 운영하고 있는데 E20 대체 기술확보 및 고효율 청정 에너지 자동차개발 프로젝트를 추진하여 2003년까지 배출가스를 현저히 저감하려고 시도하고 있다.

3.4 기타 국가

태국은 타피오카 재배 1000만 농민의 안정적인 소득증대와 매년 30만대의 차량증가로 인한 대기오염저감을 위해 연료알콜 정책을 의욕적으로 추진하고 있었다. 특히, 방콕은 소량이지만 연료알콜 공급용 주유소 5개(1,500 l /일)를 운영하고 있었다. 향후 자동차 연료의 10%까지 대체하고자 중요 국가사업으로 선정하여 이 사업을 효율적으로 추진하기 위해 총리산하 특별부서를 신설하여 연료알콜 정책의 입안 및 지원을 담당하고 있는 것으로 조사되었다. 또한, 동남 아시아에서는 Biodiesel이 불법 유통되고 있으나 정부는 대기오염저감 및 석유수입대체 효과가 인정되어 단속을 묵인하고 있는 실정이었다.

중국도 연료정책 확대를 위해 중국의 중부

및 북부지방 5대 도시(장조우, 로양, 난양 및 헨안지역, 하얼빈)에서 시범적으로 사용하기로 하였으며 이미 100만톤의 알콜을 생산하고 있는 것으로 알려졌다.

4. 결론

대기오염 저감을 위해서는 가스홀의 실용화가 가장 현실적인 대안 중의 하나이다. 특히, 휘발유에 옥탄가 증가제로서 첨가되는 MTBE 대신에 합산소 농도가 높은 알콜을 첨가하는 것은 지하수 오염방지 및 대체에너지 보급 차원에서 바람직하다.

알콜은 대기중의 탄산가스를 Biomass로 고정화하여 이로부터 연료알콜을 생산할 수 있다. 또한, 자동차에 이 알콜을 사용함으로써 연소 후 발생하는 탄산가스는 또 다시 Biomass 생산에 재이용되어 결국 지구온난화를 감소시킬 수 있는 새로운 탄산가스 이용 Life cycle을 제공한다.

가스홀 E10을 사용할 경우 일산화탄소(CO)와 탄화수소(HC)의 저감율이 각각 53%, 54%에 달하는 것으로 시내주행실험에서 입증되었다. 이외에도 가스홀의 실용화는 국민보건의 질적향상은 물론 에너지 다양화를 통해 국가안보에도 기여할 수 있고, 국내석유의존도 감소와 더불어 외화절약을 가져올 수 있다.

특히, 국내 잉여농산물을 효과적으로 알콜산업에 이용할 수 있어 국가 양곡정책에도 크게 기여할 수 있어 농가 순수익, 국가 농업정책과 지역경제에도 긍정적인 효과가 예상된다.

최근 재고미의 증가는 수매 및 정부 양곡저장에 심각한 문제를 가져올 뿐 아니라 수매량 감소로 인하여 농민의 저항을 크게 받고 있는

실정이다. 그러므로 정부의 잉여양곡을 연료화한 가스홀의 실용화는 기존 자동차의 개보수나 수정없이 가스홀과 휘발유 혼용이 가능하므로 추가적인 비용부담이 없으며, 기존 주정공장의 여유설비를 활용할 수 있는 장점도 있다.

따라서, 대기오염저감과 정부양곡의 효과적인 사용 및 대체에너지 다양화로 석유수입 의존도 감소를 위하여 Biodiesel과 같은 차원에서 연료알콜의 실용화 정책을 대도시 오존 저감차원의 대기질 개선을 목적으로 시범도입 되기를 기대한다.

<참고문헌>

1. Report on US Department of Energy Biofuels Technology, Biofuels Update-Vol 3, Issue 1(Winter 1995)
2. Ethanol Tax Incentives and Issues, Davis Andress & Associates, Inc., 11008 Harriet Lane Kensington, Maryland 20895(1998)
3. Biomass Utilization, Limits of, David pimentel, Encyclopedia of Physical Science and Technology, 3rd Edition, Vol 2(2002)
4. Automobile pollution Control in Brazil, Claudio Ferraz, Ronaldo Seroa da Motta, Rio de Janeiro, setembro de(1999)
5. <http://www.nedo.go.jp/kankobutsu/foreigninfo/html19912/12119.html>
調査分析豫測-自動車用低炭素燃料の研究開発動向
6. 주류산업뉴스, 통권 제84호, 2002. 7. (사)대한주류공업협회