

연료용 알콜 국내 보급정책 연구

김 호 기, 이 창 후

에너지자원기술개발지원센터
우 137-060, 서울 서초구 방배동 935-34

Abstract

우리나라 에너지소비구조는 높은 화석연료 의존성, 에너지 다소비형 산업구조, 열악한 에너지소비효율성 등 구조적 취약성을 지니고 있다. 특히 국내 총 에너지 수요의 60% 이상을 차지하는 석유는 전량 해외수입에 의존하고 있어 향후 석유위기 상황 재연시 국가 전체 산업활동을 위축시킬 수 있는 가능성을 내포하고 있다. 정부에서는 국내외 사회/경제적 환경변화에 부응하고 국가경제의 지속적 발전을 위해 에너지 및 자원개발전략 내용을 포함한 신경제 5개년계획을 수립한 바 있으며, 신재생에너지 개발기술의 조기 실용화 및 보급확대를 위하여 연료용알콜 생산 기술개발을 중점추진하고 있다. 특히 최근 지구온난화 문제와 관련하여 국가간 탄소배출규제협약 (Green Round)의 발효가 예견되는 상황에서 청정/재생에너지로서 연료용알콜 이용에 대한 중요성이 새로이 부각되고 있다.

서 론

미국과 브라질에서는 화석연료의 대체라는 국가 에너지 정책과 농업보호 정책라는 두가지 정책 목표에 따라 연료용 알콜을 휘발유와 혼합하여 사용하고 있다. 연료용알콜을 휘발유에 혼합하여 사용할 경우, 옥탄가를 증진시킨다는 사실은 이미 널리 알려진 사실이다. 특히 연료용알콜 사용으로 자동차 배가스중 광화학 스모그(Photochemical smog)의 원인이 되는 일산화탄소 배출을 상당량 저감시킬 수 있다는 환경친화적 효과로 인하여 연료용알콜의 기능적 중요성이 새로이 부각되고 있다. 또한 연료용알콜은 재생(Renewable) 되는 바이오매스로부터 생산되므로 자연계의 총 이산화탄소량을 증가시키지 않는다는 특성을 지니고 있어 향후 Green Round 발효시에 탄소세 (Carbon Tax) 부가 대상 에너지에서 제외될 것으로 예상됨에 따라 연료용알콜 이용에 대한 각국의 관심이 어느 때보다 고조되고 있다.

국내에서는 그간 연료용알콜 생산 기술개발을 지속적으로 추진한 결과, 현재 선진국 수준의 생산기술을 확보하고 있는 바, 연료용알콜 보급을 전제로 정책

수립에 반영되어야 할 분석자료와 함께 각종 연료용알콜의 도입조기화를 위한 보급기반의 사전정비가 요구된다. 본고에서는 대체에너지 및 환경친화적 연료로서의 연료용알콜의 역할규명과 국내보급에 따른 사회경제적 파급효과 및 환경개선효과 분석, 보급에 따른 관련법규상의 제약요인 및 기회요인, 정책지원 방향에 대한 산업계/학계/연구계의 공동연구 결과를 요약하였다.

연료적 특성 및 환경효과

일반적으로 자동차 구조의 별도 개량 없이 연료용알콜과 휘발유를 혼합사용할 수 있는 최대농도는 20% 정도이며, 그 이상 농도로 사용할 경우에는 부식성과 각종 기계적문제로 인해 별도의 알콜 전용 자동차를 개발해야 하는 것으로 알려져 있다. 연료용알콜은 크게 메탄올과 에탄올로 구분되고 메탄올은 대부분 석유화학 공정중에서 합성생산되고 있으며 에탄올에 비해 발열량이 낮고 인체 독성과 금속 부식성이 심각하다는 단점을 지니고 있다. 이에 비하여 에탄올은 석유화학 공정에서 합성하거나 재생성 바이오매스 자원을 원료로 발효 공정을 통해 생산되고 있다. 전세계적으로 주로 이용되고 있는 연료용알콜은 대부분 발효 에탄올이며 우리나라 대체에너지개발촉진법에서는 바이오매스로부터 생산되는 에탄올만을 대체에너지로 분류하고 있다.

본 연구에서는 국내 H사 1600CC 승용차 엔진을 대상으로 연료용알콜의 연료적 특성, 자동차 성능에 미치는 영향 및 환경효과를 측정·분석하였다. 동 연구 결과, 국외에서 다수 보고된 바와 같이 연료용알콜 10% 혼합사용에 따른 자동차 기능상 특이한 문제점은 발견되지 않았다. 배가스의 성분에 대한 분석결과 실험조건에 따른 다소 차이는 있었으나 미국의 Auto/Oil Programme Phase I 결과와 유사한 결과를 얻었다.(Table 2) 배기가스 성분 분석결과를 바탕으로 휘발유 자동차에 10% 에탄올을 참가사용할 경우 전국적으로 일산화탄소 발생량은 5.5% 정도, 탄화수소량은 3% 정도가 감소될 것으로 추정되었다.

Table 1. 연료용 알콜 10% 사용에 의한 대기오염 물질 감소효과

구 분	일산화탄소	질소화합물	탄화수소	이산화탄소
A	13.0 %	△ 5.0 %	5.0 %	-
B	25.0 %	5.7 %	8.5 %	76.0 %
C	26.6 %	영향 미미	15.0 %	-

주) A : 미국 Auto/Oil Programme I Data, B : 미국 NCGA Ethanol Tech. 연구 결과, C : 한국기계연구원/국립환경연구원 자동차공해연구소 연구결과

불완전 연소로 발생하는 일산화탄소는 광화학 스모그를 유발하는 원인물질로

알려져 있으며 이의 방지를 위해 각국에서는 휘발유의 산소함량을 지속적으로 강화하고 있으며 우리나라에도 대기환경보전법으로 93년 이후부터 0.5 % 이상 산소첨가를 의무화하고 있다. (Table 2) 이러한 산소첨가제 (Oxygenate)로는 일반적으로 MTBE가 사용되나 환경오염 문제와 인체 유독성에 대한 연구결과가 다수 보고됨에 따라 일부 지역에서는 MTBE 사용을 전면유보하고 있기도 하다. 에탄올은 인체 유해한 납성분을 대신하는 옥탄 향상제 기능과 산소첨가제라는 두가지 기능적 특성과 함께 바이오매스 자원으로부터 반복 생산된다는 특성을 가지고 있다.

Table 2. 자동차연료 및 첨가제의 제조기준 (대기환경보전법 : 92.8.8 개정)

기 준 항 목	1991 - 1992	1993 - 1995	1996 이후
방향족화합물 (부피 %)	-	55 이하	50 이하
벤젠 함량 (부피 %)	-	6 이하	5 이하
납 함량 (부피 %)	0.13 이하	0.013 이하	0.013 이하
인 함량 (부피 %)	0.013 이하	0.0013 이하	0.0013 이하
산소 함량 (무게 %)	-	0.5 이상	1.0 이상

미국의 합산소연료(Oxygenated Fuels)프로그램에서는 92년 이후부터 일산화탄소 규제기준 초과지역 39개 도시에서 겨울 4개월동안 휘발유중 산소함량을 무게 기준으로 2.7% 이상 유지토록 의무화하고 있고, 개질휘발유 (Reformulated Gasoline)프로그램에서는 오존농도기준 초과지역 9 개 도시('95년 이후 100개 이상 도시로 확대 실시 예정)에 대해서는 모든 휘발유에 대하여 1년내내 무게 기준 2% 이상의 산소를 포함토록 의무화하고 있다. 특히 94년 7월 미국 환경부에서 제출한 개정 합산소프로그램 내용 (95년말까지 산소첨가제 시장의 15% 96년 이후 30% 이상을 연료용알콜과 같은 재생산소재(Renewable oxygenate)로 대체 의무화 : Renewable Oxygenate Standards)이 의회를 통과함에 따라 향후 2003년까지 현재의 연료용알콜 시장규모가 16배 정도 신장될 것으로 예상되고 있다. (95년 현재 이 법안 시장경쟁원리 침해를 이유로 America Petroleum Institute에 의하여 소송 계류중)

관련법규 및 정부지원제도

국의 연료용알콜 보급정책과 국내 유사 사례분석을 통하여 향후 연료용알콜의 국내보급 정책에 있어 사전정비되어야 할 관련법규의 문제점과 보급촉진을 위한 정책지원 내용을 분석하였다.

Table 3. 국의 연료용알콜 보급현황 및 지원정책

내 용	브 라 질	미 국
추진배경 이 용 량 보급현황	에너지정책 / 농업정책 112억 리터/년 총 등록차량(승용차 기준)중 . 알콜전용 차량 : 450만대 . 가솔린(22%) 차량:600만대	에너지정책 / 농업정책 38억 리터/년 가솔린 시장의 약 8% 점유 (알콜 10% 가솔린 형태)
지원제도	생산알콜 전량 구매 원당기준 최저 생산이윤 보장 알콜자동차 구입시 세금감면 주유사업자 유통이윤 보장 연료용알콜 소비자가격 조절	에너지/농무성 생산시설용자 블렌더 마진제도, 소비세 감세 에탄올 관세면제 혜택 옥수수 최저 생산비 보장 각 주별 보조금, 세계/금융지원

연료용알콜 지원정책 수립을 위해서는 정책지원의 당위성, 사업 공익성, 국가 에너지 정책에 대한 부합성등을 종합적으로 검토하여야 한다. 이런 기준에서 천연가스 (Liquefied Natural Gas : LNG) 국내도입 정책과 산업폐기물 소각처리 지원사업을 비교분석하였다.

Table 4. 국내 유사사례에 대한 정책지원 내용

유사정책 사례	정 책 지 원 내 용
천연가스 도입정책	석유사업법에 의한 석유사업기금 지원(시설, 기구) 도시가스사업법 제정(사업자선정, 시설부담금징수권) 조세감면규제법에 의한 - 사회간접투자준비금, 고정자산액의 손금인정 - 법인세, 특소세 면제/세율감면 잠정 관세율 1% 적용 환경부고시에 의한 대규모 시설 LNG 사용의무화
산업폐기물소각사업	폐기물 관리법에 의한 처리 및 발생억제 의무화 대체에너지개발촉진법에 의한 연구개발 지원 국민투자기금에 의한 설비 및 운전자금 융자 에너지이용합리화법에 의한 에너지절약자금 융자 중소기업창업지원법에 의한 창업자금 융자 조세감면규제법에 의한 - 소득세, 법인세 경감, 시설투자비 세액공제

연료용알콜 보급에 있어 정부의 핵심적 역할은 각종 규제요인 제거와 함께 관계 법규정의 개정보완을 통한 보급 환경조성에 있다고 할 수 있다. 그러나 연료용알콜 보급정책의 근간이 되는 대체에너지개발촉진법에서는 단순히 기술개발에 관한 포괄적 내용을 기술하고 있을 뿐 기술개발 결과의 보급촉진에 대한 구체적 내용이 미흡하다. 따라서 향후 연료용알콜 보급정책 추진을 위해서는 동법을 중심으로 내용을 종합적으로 검토보완하고 대체에너지 전반에 대한 보급내용을 구체화하여 이를 근거로 석유사업법, 에너지이용합리화법등 관련 법규를 보완하여야 할 것이다. 특히 현행 주세법에서는 알콜성분을 1도 이상 함유할 경우에 이는 주류로 분류되어 고율의 주세를 부과하고 있으며 제조원료배정, 제조면허부여, 시설 허가기준등 각종 제도적 규제조항이 존재하고 있는 바, 연료용알콜의 정의를 명확히 하고 해당 부처간의 긴밀한 협조를 통해 이들 규제조항에 대한 사전정비가 병행되어야 할 것이다. 연료용알콜 보급과 관련한 생산 및 유통보조금 지급, 세제/금융상 정책지원 내용과 범위는 향후 연료용알콜의 국내보급에 있어 가장 중요한 정책지원 요소로서 최소 이윤선의 생산보조금 지급 (시장경쟁력 확보시 까지의 한시적 조치), 알콜 사용에 대한 교통세 감면 (소비자 가격 경쟁력 확보 유도), 적정수준의 유통비용 보장, 시설투자에 대한 정책융자 지원, 주세, 관세, 법인세 감면등과 같은 세제지원으로 요약될 수 있다.

연료용알콜 경제성 연구

시설 투자비에 대한 분석결과, 옥수수를 원료로 연간 알콜 33천~66천ℓ 생산 규모 건식공정의 연료용알콜 공장 건설비용은 23~42억원 정도로 나타났다.

Table 5. 연료용알콜 공장 투자비용 분석 (금액단위 : 백만원)

원 료 (공 정)	시 설 용 량 (ℓ/년)					
	8,250	16,500	33,000	66,000	165,000	330,000
타피오카 (건식공정)	8,074 (979)	13,931 (884)	24,039 (728)	43,260 (665)	94,105 (570)	169,462 (494)
옥수수 (건식공정)	9,633 (1167)	13,453 (815)	23,251 (704)	41,743 (632)	90,605 (549)	163,016 (494)
옥수수 (습식공정)	13,050 (1581)	18,416 (1116)	31,839 (964)	57,185 (866)	124,193 (752)	223,545 (677)

() : 단위투자비용(원/ℓ)

원료종류와 가격/공급안정성 및 부산물 가치, 공장 입지조건을 종합검토한 결과, 국내에서 연료용알콜을 생산할 경우에 옥수수를 원료로 건식공정을 채택하는 것이 가장 경제적인 것으로 나타났으며, 해외생산 경우에는 사탕수수를 원료로 브라질에서 생산하여 국내로 도입하는 것이 생산비용 측면에서 유리하다는 결론을 얻었다. 그러나 해외생산 경우에는 일정규모 이상으로 연료용알콜의 장기생산을 전제로 검토된 바, 초과 생산량의 현지 판매비용, 해외시설 운영/관리비용, 재고 관리비용 및 현지 사회경제적 환경요인등에 따른 추가비용 발생 가능성등에 대한 별도 연구가 필요할 것이다. (Table 6)

Table 6. 시나리오별 연료용알콜 생산비용 분석 (금액단위 : 원/kl)

내 용	CASE I	CASE II	CASE III	CASE IV	CASE V	CASE VI
원 료	타피오카	타피오카	옥수수	옥수수	사탕수수	타피오카
공 정	건식공정	건식공정	건식공정	습식공정	원당알콜	건식공정
공장입지	국 내			미 국	브라질	동남아
재 료 비	248,532	247,155	196,946	92,800	101,600	204,000
원재료	252,365	252,365	277,825	213,600	101,600	204,000
부산물	-3,833	-5,210	-80,879	-120,800	-	-
운 영 비	131,692	119,823	119,823	78,400	16,800	106,400
인건비	35,768	31,376	31,376	12,800	4,000	7,200
Utility	39,442	49,674	49,674	33,600	2,400	64,000
재료비	39,547	22,970	22,970	15,200	2,400	10,400
수선유지	6,061	5,909	5,909	6,400	4,000	14,400
기타비용	10,874	9,894	9,894	10,400	4,000	10,400
투 자 비	106,970	93,636	93,636	91,200	76,000	72,500
감가상각	24,242	23,636	23,636	19,200	16,800	16,000
투자보수	82,728	70,000	70,000	72,000	59,200	56,500
도입비용	-	-	-	95,858	95,858	95,858
총 계	487,194	460,614	410,405	358,258	290,258	478,758

주) 음용주정 평균 생산비용 : 1,317,026원/kl

이와 비교하여 엔지니어링 회사의 연료용알콜 생산비용에 대한 Case study 결과에 따르면 옥수수 원료, 건식공정 100kl/일, 200kl/일 플랜트에서의 최소생산비는 각각 354원/ℓ, 325원/ℓ 정도로 추정되었다. (자료생략) 이는 투자보수율, 감가상각기간, 투자비에 대한 이자율 차이등에 따른 것으로 추측되며 분석오차범위 (최대 15%)를 감안하면 Table 9에서 나타난 생산비와 비슷할 것으로 예상된다. 연료용알콜 혼합사용에 따른 휘발유 대체 예상량을 분석한 결과, 현행 대기환경보전법을 기준으로 연료용알콜을 혼합사용할 경우에 예상되는 휘발유 대체량은 '96년 기준 188천kl/년, 97년 경우 212천kl/년, 2000년 기준으로 연간 313천kl 정도로 추정되었다. (Table 7)

Table 7. 연료용알콜 사용에 의한 휘발유 대체효과

내 용		1996	1997	1998
휘발유 수요예측 (천 kl/년)		9,301	10,422	11,590
환경법 산소 첨가량 (무게 %)		0.75	0.75	1.00
부피환산 첨가농도 (부피%)	알콜 첨가농도	2.03	2.03	2.70
	MTBE 첨가농도	4.12	4.12	5.50
첨가시 휘발 대체 예상량 (천 kl/년)	환경법기준첨가	188	212	313
	알콜 10 % 첨가	930	1,042	1,159
휘발유대체예상량 세전 공장도 가격 환산총액 (억원)	환경법기준	325	367	541
	10 % 첨가	1,609	1,803	2,006

주) 휘발유 세전공장도 가격 (95. 8월 기준) : 173원/kl

알콜을 휘발유에 10% 혼합사용한다면 휘발유 사용량의 총 10 % 정도를 대체할 수 있을 것이며 이를 세전공장도 가격으로 환산하면 그 총액은 1,600~2,000 억원 정도로 추정된다. 에탄올은 MTBE에 비해 2 배의 산소를 함유하고 있으므로 휘발유에 첨가시 1/2양으로 동일한 산소첨가 효과를 얻을 수 있다. 이러한 산소첨가제로서의 기능적 측면을 고려하여 휘발유에 MTBE와 알콜을 각각 혼합할 경우의 경제성을 비교분석한 결과, Table 11에서 나타난 바와 같이 MTBE에 비해 휘발유 1리터당 최소 0.4원, 최대 1.2원 정도의 가격상승이 예상된다.

Table 8. 연료용알콜 혼합에 의한 가격상승 (대기환경보전법 적용)

내 용		1996	1997	1998
환경법 산소 첨가량 (무게 %)		0.75	0.75	1.0
환경법기준알콜첨가량(부피%)		2.03	2.03	2.7
MTBE혼합대비 가격 상승액 (원/휘발유 ℓ)	A	0.9	0.9	1.2
	B	0.4	0.4	0.5

A : Table 6 CASE Ⅲ의 알콜 생산비 410원/ℓ 적용

B : 알콜 생산비 383원/ℓ 적용(투자비 50%를 연리 6% 용자, 관세면제조건)

미국과 같이 알콜을 휘발유에 부피기준으로 10% 혼합사용할 경우에 MTBE혼합 휘발유와 비교한 알콜혼합 휘발유의 원가상승 예상액은 Table 9에서 나타난 바와 같다.

Table 9. 연료용알콜 10% 혼합에 의한 가격상승

내 용		1996	1997	1998
MTBE혼합대비 가격 상승액 (원/휘발유 ℓ)	A	17.0	17.0	18.5
	B	19.8	19.8	15.8

A : Table 6 CASE Ⅲ의 알콜 생산비 410원/ℓ 적용

B : 알콜 생산비 383원/ℓ 적용(투자비 50%를 연리 6% 용자, 관세면제조건)

휘발유 총 수요예상량을 기준으로 알콜 혼합사용에 따른 원가상승액을 총액환산한 결과와 알콜혼합사용에 의한 대체예상 휘발유 총량의 환산금액을 비교한 결과는 Table 13에서 나타난 바와 같다. 동 분석 결과에 따르면 대기환경보전법을 기준으로 알콜을 혼합사용할 경우, 원가 상승요인을 고려한 순수 휘발유 대체효과 (MTBE는 석유화학 제품으로 분류) 금액기준으로 연간 240~400 억원 정도로 추정되었다.

연료용알콜 유통과 관련하여 해외사례, 국내 석유제품 유통구조를 조사분석한 결과, 연료용알콜을 정유사에 공급하고 정유사에서 이를 휘발유에 혼합하여 (별도의 혼합시설 불필요) 주유소에 분배하는 방식이 연료용알콜 부정유통 방지 및 유통비용 최소화 측면에서 유리한 것으로 나타났다.

Table 10. MTBE혼합 휘발유와 알콜혼합 휘발유의 경제성 비교

내 용		1996	1997	1998
휘발유 수요예측 (천 ℓ/년)		9,301	10,422	11,590
알콜 첨가 (부피 %)	환경법 적용 (A)	0.75	0.75	1.00
	10%첨가기준 (B)	10	10	10
휘발유대체 예상량 (천ℓ/년)	(A)	188	212	313
	(B)	930	1,042	1,159
환산 총액 (억원) (공장가:173원/ℓ)	(A)	325	367	541
	(B)	1,609	1,803	2,006
MTBE 대비 예상 원가상승 총액 (억 원)	(A) a	84	94	139
	b	37	42	58
	(B) a	1,842	2,095	2,144
	b	1,581	1,772	1,831
휘발유대체 환산액 - 예상원가상승총액 (억 원)	(A) a	241	273	402
	b	288	325	483
	(B) a	- 233	- 292	- 138
	b	28	31	175

a : 알콜 생산비 410원/ℓ 적용, b : 알콜 생산비 383원/ℓ 적용

연료용알콜 사용에 따른 환경개선 효과비용을 분석하기 위하여 휘발유 대체예상량을 원유로 환산 (원유 42갤런에서 휘발유 19.5갤런을 정제한다고 전제)하고, 이에따른 원유도입 감소분을 미국 Tellus 연구소(1992) 방법에 따라 사회적 환경개선 투자비용으로 환산한 결과를 Table 11에 표시하였다.

Table 11. 연료용알콜 사용에 따른 환경개선 효과비용 (단위:백만달러)

구 분	1993	1997	2000	2010	2020	2030
환경법 기준	53	130	435	567	599	614
알콜 10% 혼합	392	638	804	1054	1108	1137

요 약

- 연구결과, 연료용알콜 이용에 따른 기술적 문제는 없었으며 연료용알콜 사용시 상당한 석유 대체효과와 대기환경 개선효과가 기대되었다.
- 관계법규 검토결과, 현행 대체에너지개발촉진법중 보급관련 내용의 보완과 함께 이를 근거로 한 주세법, 관세법등 세제감면 내용의 보완이 요구된다. 소요재원 확보 방안으로는 에너지자원 및 특별회계 활용과 교통세, 필요시 환경개선비용부담법 관련기금을 활용하는 방안등이 검토될 수 있을 것이다.
- 생산비용 분석결과 정책지원이 없을 경우 생산비용은 410원/ℓ 정도로 예상되며 관세면제, 투자비 50% 용자(연리 6%)조건에서 생산비는 383원/ℓ 원 추정되었다.
- 현행 대기환경보전법에 따라 연료용알콜을 사용할 경우의 경제성 분석결과 MTBE 사용에 비해 휘발유 리터당 0.4~1.2원 정도의 생산원가 상승이 발생할 것으로 추정되나, 이는 사회적 환경비용 범위에서 무리없이 수용될 수 있을 것으로 예상되며
- 아울러, 연료용알콜 사용에 따른 휘발유 대체, 원유도입 감소량에 대한 에너지 안보비용에 대한 정량적 분석이 수반된다면 연료용알콜 보급정책추진 당위성에 대한 보다 객관적인 근거를 제공할 수 있을 것으로 사료된다.
- 향후 연료용알콜 국내 보급조기화, 경제성 확보를 위해서는 정부의 제도적 지원과 함께 기술개발정책의 지속적 추진, 산업계의 자발적 원가절감 노력 연구개발 활성화 및 청정에너지 보급확산을 위한 사회적 공감대 형성을 위한 공동의 노력이 요구된다.

참고문헌

1. 생산기술연구원 (1995), 연료용알콜의 경제성 연구
2. 삼일경영연구원 (1995), 연료용알콜 보급을 위한 관련법규 및 정부 지원 제도 연구
3. 한국기계연구원 (1995), 연료용알콜이 환경오염 및 자동차 성능에 미치는 영향에 관한 연구
4. 국립환경연구원 (1994), 알콜 혼합연료 사용 휘발유자동차의 배출가스 및 에너지소비효율 평가에 관한연구
5. 에너지경제연구원 (1993), 지구환경문제와 바람직한 에너지자원 정책방향
6. Final Regulatory Impact Analysis for Renewable Oxygenate Requirement for Reformulated Gasoline, US EPA., June, 24, 1994
7. Mike Bryan, Ethanol Situation Analysis, NCGA, 1990
8. PETROBRAS (1993), The National Alcohol Program