

## 수송용 바이오에탄올 도입의 경제성평가 및 CDM 사업 타당성

민 은주<sup>1)</sup>, 김 수덕<sup>2)</sup>

### Introduction of Bioethanol to Domestic Transportation Market and Implication for CDM Project

Eunju Min, Suduk Kim

**Key words** : Bioethanol(바이오에탄올), CDM(청정개발체제)

**Abstract** : 본 연구에서는 수송부문 온실가스 저감 대책으로 수송용 바이오에탄올을 국내 수송시장에 도입한 형태에 대해 살펴보았다. 바이오에탄올의 경우 'Carbon Neutral' 한 특성에 따라 친환경연료로서의 이점이 크나 원재료를 수입해야하고, 또 정부정책방향에 따라 경제성이 좌우된다.

분석결과, E5를 도입하여 저감잠재량을 분석했을 때 기존 휘발유 수요전망보다 연간 15억  $CO_2kg/yr$  정도의 감축이 가능한 것으로 나타난다. 비용분석 결과 현재 휘발유에 부과하는 규모와 같은 정도의 세금이 부과한 바이오에탄올 공급가격은 1639.2원이다. 이는 휘발유 판매 가격인 1488.5에 비해 경쟁력이 없으나 바이오에탄올이 CDM 사업으로 인정받아 CERs 수익을 얻을 수 있는 경우의 공급가격은 1583.5원으로 배출권 수익을 포함하지 않았을 때보다 50원 정도의 추가 수익을 발생함을 확인하였다. 이는 바이오에탄올의 면세범위를 줄임으로써 납세자의 세금을 통한 사업자에 대한 과도한 지원을 지양할 수 있는 적절한 정부지원정책 방법으로 고려될 수 있을 것이다.

subscrip

CDM : Clean Develop Mechanism

#### 1. 서론

국내 부문별 최종에너지 소비실적과 전망을 살펴보면 전체 산업 중 수송부문의 에너지수요량의 비중은 최종에너지 소비의 24%를 상회하고 있다. 국내 수송부문은 크게 육로, 철도, 항공, 해운에 의한 세부 수송 분야로 구분될 수 있으나 자동차 에너지 수요량이 전체 수송 에너지의 77%로 절대적인 지위를 차지한다. 이와 관련하여 각 년도의 자동차 등록대수 현황을 살펴보면, 특히 승용차 등록추세가 총 자동차 등록대수의 약 80%에 육박할 정도의 비중으로 비슷한 추세를 보이는 등의 교통량부문에서의 비중이 매우 큼을 알 수 있다. 이는 우리나라 수송부문에서 승용차부문을 주목해야 함을 보여주며 승용차의 주된 에너지인 휘발유소비에 대한 연구가 필요함을 보여주고 있다.

이에 따라 본 논문에서는 승용차부문의 에너지 소비절감을 유도할 수 있는 대안으로 바이오에탄올을 도입을 검토한다.

#### 2. 분석의 전제

##### 2.1 탄소배출량 배출권거래가격

휘발유 연소에 따른  $CO_2$ 배출량은 IPCC가 공시한 연료별 탄소배출 계수와 추정 방법을 이용하여  $CO_2$  배출량을 계산할 수 있다.

배출량 = 연료소비량 × 저위발열량 × 단위 환산계수 × 산화율 × ( $CO_2$ 배출계수 +  $CH_4$ 배출계수 +  $N_2O$ 배출계수)

$CO_2$ 의 가격은 Mckinsey&Company (Ing 외, 2004)에서 2015년까지 분석을 위해 사용한 평균 이산화탄소 배출권 가격, 톤당 20유로를 사용하도록 한다. 참고로 현재 2007년 8월 거래가격 톤당 €20.53를 기록하고 있다.

- 
- 1) 아주대학교 에너지학과  
E-mail : can1357@hanmail.net  
Tel : (031)219-2698 Fax : (031)219-2969
  - 2) 아주대학교 에너지학과 부교수  
E-mail : suduk@ajou.ac.kr  
Tel : (031)219-2689 Fax : (031)219-2969

## 2.2 바이오에탄올의 Baseline 배출량

실제 바이오연료를 사용할 때 배출되는 CO<sub>2</sub>는 원료인 에너지 작물을 경작할 때 광합성으로 흡수되므로 대기 중 CO<sub>2</sub> 농도의 증가 효과가 낮다고 할 수 있다. 이는 바이오에탄올을 'Carbon Neutral' 특성이며, 바이오에탄올을 사업화하는데 있어 가장 큰 동기를 부여하게 되는 사항이다. 실제로 교토의정서에 근거하여 바이오연료로 인해 배출되는 CO<sub>2</sub> 등의 오염물질은 국가의 배출량에 포함되지 않는다.

일본 자원에너지청 연료정책소위원회는 휘발유와 에탄올의 CO<sub>2</sub> 배출량에 대한 Well-to-Wheel 평가결과를 내놓았다. 휘발유의 Well-to-Tank CO<sub>2</sub> 배출량은 원유 채굴에서 수송, 정제, 자동차 연료 주입까지의, 연소 이외 전 과정 동안 발생하는 CO<sub>2</sub> 발생량을 의미하며, 바이오에탄올의 Well-to-Tank CO<sub>2</sub> 배출량은 바이오매스 재배 에탄올 생산, 운송 등, 에탄올의 연소 이외의 전 과정에서 발생하는 CO<sub>2</sub> 량을 산정한 것이다. 바이오에탄올과 휘발유의 Well-to-Tank에서의 CO<sub>2</sub> 배출량은 바이오에탄올 0.67(톤 CO<sub>2</sub>/TOE), 휘발유 0.47(톤 CO<sub>2</sub>/TOE) 정도로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 바이오에탄올 Well-to-Tank 과정에서의 CO<sub>2</sub> 배출량을 바이오에탄올로 대체되는 휘발유의 Well-to-Tank 과정에서 배출되는 배출량과 동일한 정도로 보고 바이오에탄올 연소과정(Tank-to-Wheel)에서의 CO<sub>2</sub> 배출량만을 계산하도록 한다.

## 3. 수송용 바이오에탄올 도입과 CDM 사업 타당성 분석

본래 CDM사업은 Annex I 국가와 Non-Annex 국가간의 협약이나 최근 개도국간의 CDM사업을 인정하는 CDM 18차 EB 결정('05.2)이 있어, 우리나라도 동남아시아 등을 대상으로 CDM사업을 추진할 수 있게 되었다.

우리나라에 시범사업 중인 바이오에탄올은 E3와 E5로 각각 에탄올 3%, 5%가 혼합된다. 그러나 이는 부피비율로 혼합된 것으로 실제 사업화되기 위해서는 열량기준으로 환산된 부피가 혼합되어야 할 것이다. 에탄올의 열량은 휘발유의 61~65%이나 브라질에서 에탄올 자동차의 휘발유 자동차의 연비는 휘발유의 70%로 나타나고 있다. 에탄올을 수송용으로 사용시 휘발유 1ℓ의 연비등가 에탄올량은 1.43ℓ가 된다.

현재 시범사업으로 공급되고 있는 바이오에탄올은 리터당 1,200원으로 판매되고 있으나, 이는 면세혜택을 받음으로써 가능한 가격이다. 그러나 면세 혜택은 각 정유사나 관련기업들의 반대와

국가 정책으로 주저하게 만드는 큰 이유임으로 가능한 면세 범위를 줄이고 각 정유사들과 경쟁 가능 하도록 하는 것이 중요한 문제이다.

본 연구에서는 바이오에탄올을 국내도입과 관련하여 두 가지 방안에 대해 검토하고자 한다. 첫째는 기존에 수입된 바이오에탄올 도입가격 추이를 근거로 에탄올 제품도입을 통한 수송용 에너지시장 영향분석이다. 둘째는 CDM 사업을 염두에 두고 생산의 전 공정, 즉 Seed-to-Wheel의 과정을 평가하여 탄소배출권 크레딧 확보를 감안한 사업가능성 등을 평가해 보는 방법이다.

### 3.1 에탄올제품 도입을 통한 수송용 에너지 시장 영향분석

생산된 바이오에탄올을 직접 수입할 경우의 비용과 휘발유가격과의 차이는 다음의 표로 나타낼 수 있다. 함수바이오 에탄올 상태로 수입하고 이 수입가격과 여기에 관세, 보험료, 수속, 보관과 무수화 공정비용을 포함한 가격과 실제 휘발유과 연비 등가로 계산한 값을 나타낸다. 현재 휘발유의 세전 공장도 가격과 비교해 보면 아직 자체적으로 경쟁이 불가능함을 알 수 있다.

[표 1] 바이오에탄올, 휘발유 가격

	무수 에탄올 공급 가격 (원/ℓ)	연비 등가 (원/에탄 올1.43ℓ)	휘발유 공장도 가격 (원/ℓ)	세금 (부가세 포함) (원/ℓ)	휘발유 소비자 가격 (원/ℓ)	바이오 에탄올 소비자 가격 (원/ℓ)
2000	404.8	578.3	330.26	918.04	1,248.3	1,836.08
2001	503.8	718.6	359.67	920.33	1,280	1,840.66
2002	433.4	619.1	350.46	918.64	1,269.1	1,837.28
2003	417.1	595.8	375.89	918.81	1,294.7	1,837.62
2004	356	508.5	431.74	933.46	1,365.2	1,866.92
2005	481.6	642.3	490.67	939.93	1,430.6	1,879.86
2006	510.9	729.8	533.67	954.83	1,488.5	1,909.66

\*체적당 연평균 공급가격으로 국제 바이오에탄올 가격, 산지 운송비, 관세, 보험료, 수입수속비용, 무수화 공정, 저장 등의 비용 포함.

\*\*휘발유 1ℓ 연비등가 에탄올은 1.43ℓ

자료: 에너지경제연구원(2007), EBN산업뉴스(2007.05) 재구성

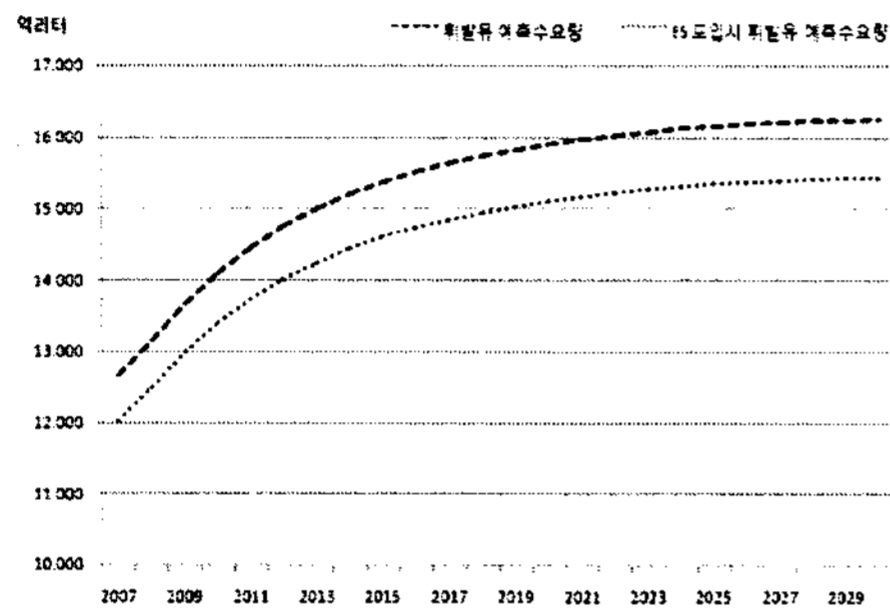
### 3.2 CDM 사업의 타당성

여기서는 생산에서부터 소비자에게 공급되기까지의 전 과정의 비용을 평가하여 수송용 에너지시장에 바이오에탄올을 도입하는 것이 CDM 사업으로 적용이 가능하려면 어떤 점을 검토해야 하는지, 경제성 평가의 결과는 어떠한지를 살펴본다.

### 3.2.1 기준년도 설정과 휘발유사용 차량의 CO<sub>2</sub>배출(Baseline) 평가

본 연구에서는 기준년도의 배출량에 대한 저감량을 구하는 것이 아니라 각 연간의 예상 배출량이 기준이 되어 이 값에 대비 저감량을 구하였다. 휘발유 사용 차량의 CO<sub>2</sub>배출(Baseline) 평가를 위해서는 APERC(Asia-Pacific Energy Research Centre)의 수요 예측치를 사용한다.

아래의 그림은 E5 도입시 저감되는 휘발유 예측수요량과 기존의 예측수요량을 보여준다.



[그림 1] 바이오에탄올 도입시 휘발유 수요량 변화

휘발유 수요량과 이에 따른 CO<sub>2</sub>배출량, 바이오에탄올 도입에 따른 CO<sub>2</sub>저감량에 CERs 판매에 따른 수익을 계산결과를 다음의 표로 나타낼 수 있다.

[표 2] E5 도입시 저감량 및 예상수익

	휘발유 예측수요량 (백만 ℓ)	CO <sub>2</sub> 배출량 (1000t CO <sub>2</sub> )	E5에 의한 CO <sub>2</sub> 저감량 (1000t CO <sub>2</sub> )	E5에 의한 예상수익 (백만원)
2008	13,160	28,372	1,418	36,707
2010	14,104	30,409	1,520	39,342
2015	15,374	33,147	1,657	42,884
2020	15,903	34,288	1,714	44,361
2025	16,161	34,843	1,742	45,080
2030	16,249	35,032	1,751	45,323

\*예상거래가격 톤당€20, 2007년 8월 현재기준 €1 = 1282.28원

\*\*백만단위 이하절하

### 3.2.2 바이오에탄올 도입에 따른 경제성 평가

다음은 생산의 전 과정을 통해 확보할 수 있는 바이오에탄올을 수송용 에너지시장에 도입하여 소비자에게 도달하기까지의 경제성 평가를 위한 비용과 편익관련 산출항목이다.

$$NPV = \sum_{i=1}^n \left[ \frac{B_i + GHG_i}{(1+r)^i} \right] - \sum_{i=1}^n \left[ \frac{C_i + OM_i + M_i + A_i + T_i}{(1+r)^i} \right]$$

NPV: 총비용의 현재가치

r, i: 할인율, 년도

B<sub>i</sub>: 바이오에탄올의 판매 수입

GHG<sub>i</sub>: 오염물질 저감

P<sub>i</sub>: 고정비(플랜트 건설, 기기비용)

OM<sub>i</sub>: 운전비용(원료, 노동, 전력사용, 유지보수)

M<sub>i</sub>: 원료의 도입 비용

A<sub>i</sub>: 무수화공정, 저장, 혼합공정에 드는 비용

T<sub>i</sub>: 수송비

여기서 생산원가는 브라질의 최신자료(Xavier, 2007.2)를 활용하였지만, 세부항목별 비중은 고정비 12%(시설비 2%, 설비비 10%)와 변동비 88%(원료비 68%, 인건비 4%, 보험 등 4%, 운전경비 19%, 잡수입 -7%)로 분포한다. 2007년 브라질의 생산단가는 \$0.204/ℓ로 나타났다.

국내 바이오에탄올 수입은 원료의 운반과 보관상의 이유로 함수화 상태의 수입이 권장되나 실제 자동차 주입시에는 부식 등의 가능성에 따라 무수화 공정이 필요하다. 바이오에탄올은 무수화 공정을 거쳐 휘발유와 혼합된 뒤에 각 주유소로 이동할 것이다. 그러나 현재 국내에서 휘발유와 혼합공정의 비용에 관한 자료가 부족하며 IEA(2004) 따르면 바이오에탄올과 휘발유의 혼합 공정과 보관에 관한 비용을 리터당 0~1.89원의 적은 값으로 측정됨에 따라 이에 관한 비용은 계상하지 않는다. 바이오에탄올과 혼합된 연료가 각 소비자에게로 전달되는 과정에서의 운송비용은 장기공급계약에 의해 바이오에탄올을 계획적으로 도입할 경우, 공급가격에서 내륙운송비가 차지하는 비율이 많이 낮아질 것으로 예상됨에 따라 국내 운송비는 이에 상쇄한다고 가정한다.

[표 3] 브라질 바이오에탄올 생산 및 공급비용

2007	항 목	(\$/리터)	(원/리터)	(원/1.43ℓ)
고정비	시설비	0.005	4.307	6.158
	설비비	0.023	21.533	30.792
	소계	0.027	25.840	36.951
	원료비	0.137	128.854	184.261
	인건비	0.008	7.580	10.839
변동비	보험 등	0.008	7.580	10.839
	운전경비	0.038	36.003	51.485
	잡수입	0.010	9.475	13.549
	산지, 국내 수송비	0.190	112.800	161.304
	무수화 공정 및 관세(1%)		109.225	156.192
	소 계		411.516	588.467
	국내 세금**			954.830

\*환율: \$1 = 940원

\*\*2006년 휘발유 세금

자료: 에너지경제연구원(2007), Competitive Enterprise Institute(2007)

현재 시범사업으로 공급되고 있는 바이오에탄올은 리터당 1,200원으로 판매되고 있으나 이는 면세 혜택을 부여받은 가격이다. 그러나 실제 경쟁력 있는 사업으로 진행되기 위해서는 휘발유와 같은 정도의 세금이 부과되더라도 가격경쟁력을 가질 수 있어야 할 것이다. [표 3]의 비용자료를 바탕으로 분석한 결과, 세금을 포함한 바이오에탄올 공급가격은 1,639.2원이다. 이는 2006년 휘발유 판매 가격인 1,488.5원에 보다 비싼 가격으로 전혀 경쟁력을 갖지 못한다. 그러나 바이오에탄올이 CDM 사업으로 인정받아 CERs 수익을 얻을 수 있는 경우의 공급가격은 1,583.5원으로 배출권 수익을 포함하지 않았을 때보다 50원 정도의 추가 수익을 발생함을 확인하였다.

#### 4. 결 론

휘발유의 오염물질을 줄이기 위한 대응방안으로 수송용 바이오에탄올 도입하여 이에 따른 오염물질 저감량을 분석하고 CDM을 통한 사업화 가능성을 살펴보았다. 바이오에탄올은 'Carbon Neutral'한 특성에 따라 친환경연료로서의 이점이 크나 원재료를 수입해야함에 따른 상대적 경제성이 낮다. 앞서 바이오에탄올의 국내 도입가격에 휘발유와 같은 정도의 세금을 부과하면 이는 휘발유 가격보다 150.7원 정도 비싸게 측정되어 경제성이 없음을 보였다. 따라서 바이오에탄올이 추가적으로 수익을 올릴 수 있는 방안을 찾아야 하며, 그 하나의 가능성으로 바이오에탄올의 CDM 사업이 있

다. CDM 사업으로 E5를 도입하여 저감잠재량을 분석했을 때 기존 휘발유 연료보다 연간 15억 kg/yr CO<sub>2</sub> 정도의 감축이 가능하다. 이를 EU 배출권 가격을 적용하여 공급가격을 분석하면 1569.5원으로 배출권 수익을 포함하지 않았을 때보다 리터당 50원의 추가수익을 올릴 수 있는 것으로 나타났다. 그러나 이 공급가격도 휘발유 판매가격보다 약간 상위하지만 CO<sub>2</sub>저감 방안대책 마련이 필수적이 국내에서 친환경연료에 대한 국가의 지원정책이 가능할 것이다.

바이오에탄올을 국내시장에 도입하고자 하는 경우 안정적인 feedstock의 공급원을 확보하기 위해서는 해외 생산투자가 고려되어야 한다. 그러나 바이오에탄올의 원료는 농산물이라는 특성상 공급이 비탄력적이기 때문에 수요의 변화에 따라 예상되는 가격의 변화가 매우 클 것으로 예상된다. 최근의 고유가 현상이 화석연료와 바이오에너지의 상대가격체계를 바꾸어 이전보다 더욱 매력적인 대체에너지원이 되었음은 분명하지만 전 세계적인 수요증가와 이에 따른 가격폭등의 가능성을 항상 염두에 두고 대비하여야 할 것이다.

#### References

- [1] APERC(Asia Pacific Energy Research Centre), APEC [1]Energy Demand and Supply Outlook 2006, APERC, Tokyo, 2006
- [2] Ing. Leonhard Birnbaum, and Christoph Grobbel, EU-ETS - changing competitive dynamics for the industry, Conference Presentation, Madrid, October 20, 2005
- [3] International Energy Agency, biofuels for transport, 2004
- [4] UNFCCC, Clarifications on the Treatment of National and/or Sectoral Policies and Regulations (paragraph 45(e) of the CDM Modalities and Procedures) in Determining a Baseline Scenario, EB16 Report Annex 3, Oct. 2004
- [5] Xavier, Marcus Renato, Issue Analysis, Advancing Liberty From the Economy to Ecology The Brazilian Sugarcane Ethanol Experience, 2007 No. 3, February 15, 2007
- [6] 강희찬, 정문건, 한국형 바이오 연료이 가능성 평가 및 시사점, -비용/편익 분석을 중심으로-, 삼성경제연구소 Issue Paper, 2007
- [7] 건설교통부, 자동차 통계자료, 2007
- [8] 산업뉴스, <http://www.ebn.co.kr/news/>
- [9] 에너지경제연구원, 기후변화협약 제3차 국가보고서 작성을 위한 기반구축연구(제3차년도), 2006
- [10] 에너지경제연구원, 수송용 바이오에탄올 도입의 경제성, KEEI ISSUE PAPER Volume. 1, No.1, 2007
- [11] 자원에너지청, 일본 "에탄올 3% 혼합에 의한 휘발유 유통 Infra에 미치는 영향," 2004.