

세계 바이오연료 전망*

유 찬 희

1. 바이오 연료 생산 동향

세계 바이오 연료 생산량은 2000년 181.7억 리터에서 2007년 605.6억 리터로 세 배 이상 증가하였지만, 전체 수송용 연료 공급량의 3%에도 이르지 못하고 있다.

국제 원유 가격이 연일 최고치를 갱신하면서 바이오 연료의 미래에 대한 관심이 전 세계적으로 증가하고 있다. 세계의 바이오 연료 생산량은 2000년 181.7억 리터에서 2007년 605.6억 리터로 세 배 이상 증가하였지만, 전체 수송용 연료 공급량의 3%에도 이르지 못하고 있다.

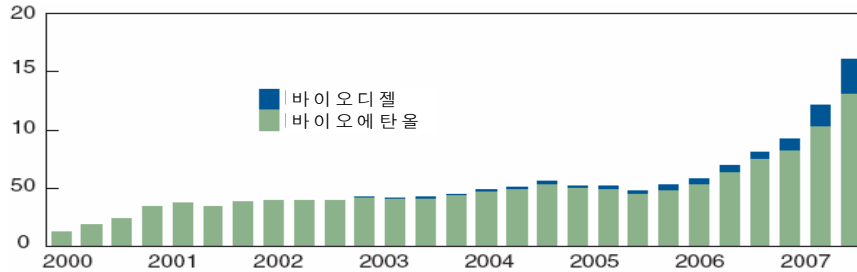
현재 미국, 브라질, 유럽연합이 바이오 생산량의 90% 이상을 점유하고 있다. 말레이시아, 중국 등에서 연료 개발 프로그램이 성공적으로 도입된다면 현재의 생산 구조가 보다 다각화될 수 있을 것이다. 사료곡물 중 바이오연료 생산을 위해 사용되는 곡종은 옥수수, 설탕, 식물성 기름이다.

바이오연료 생산이 급격히 증가하면서 화석연료를 대체할 수 있는 가능성에 희망을 갖는 사람이 늘고 있지만, 동시에 연료용 곡물 수요 증가가 곡물 가격 상승에 미치는 영향에 대한 우려도 커지고 있다. 국제통화기금(IMF)에서는 2006년 세계 식품가격이 10% 상승하였고, 이 원인으로 옥수수·밀·콩 가격 상승과 수요 측면의 변화를 제시하였다.

* 본 내용은 미국 농무부 경제연구소 및 관련기관의 자료를 참고하여 한국농촌경제연구원 유찬희 연구원이 작성하였다. (chrhew@krei.re.kr, 02-3299-4232)

그림 1 세계 바이오 에탄올디젤 생산량 추이

단위: 십억 갤론



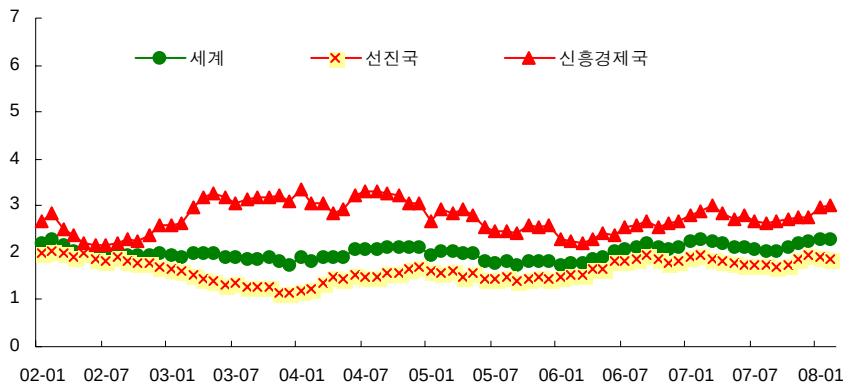
자료: Willam Coyle, "The Future of Biofuels- A Global Perspective", Amber Waves, 2007.11.

<그림 2>에서 볼 수 있듯이, 유가와 곡물가격 등 외부적인 충격 요인분을 제외한 근원인플레이션은 비교적 일정하였다. 이는 2007년 이후 나타나기 시작한 급격한 인플레이션의 상당 부분이 곡물 가격에서 기인하였음을 보여주며, 이러한 영향이 신흥개도국에 더욱 큰 영향을 미치고 있음을 반영한다<그림 3>. 이에 각국 정부는 외부 충격, 특히 곡물가격 상승에 의한 파급 영향을 줄이기 위해 바이오연료 정책 일부를 수정하기도 하였다.

2007년 이후 나타나기 시작한 급격한 인플레이션의 상당 부분이 곡물 가격 인상에 기인했으며 이러한 영향은 신흥개도국에서 더욱 크게 나타나고 있다.

그림 2 세계 근원 인플레이션 추이

단위: %

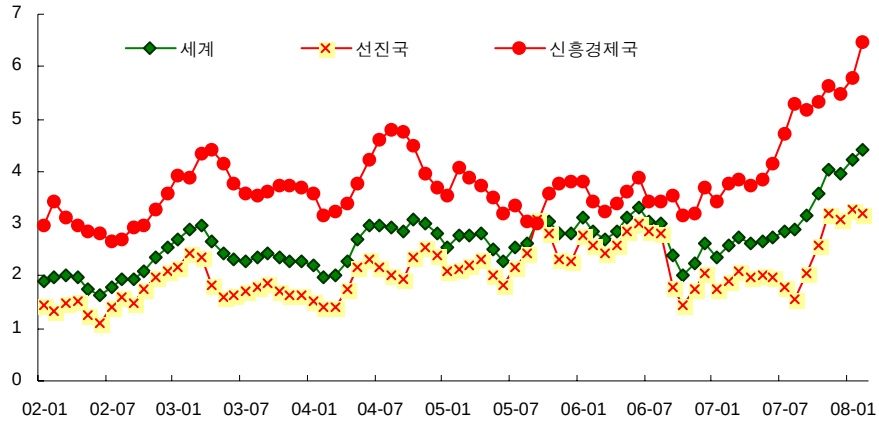


주: 선진국은 호주, 캐나다, 덴마크, 유럽지역 국가, 일본, 뉴질랜드, 노르웨이, 스웨덴, 영국, 미국을 지칭함. 신흥경제국은 브라질, 불가리아, 칠레, 중국, 에스토니아, 홍콩, 헝가리, 인도, 인도네시아, 한국, 말레이시아, 멕시코, 폴란드, 싱가포르, 남아프리카, 대만, 태국을 포함함.

자료: IMF, *World Economic Outlook*, 2008.4.

그림 3 세계 인플레이션 추이

단위: %



주: 선진국은 호주, 캐나다, 덴마크, 유럽지역 국가, 일본, 뉴질랜드, 노르웨이, 스웨덴, 영국, 미국을 지칭함. 신흥경제국은 브라질, 불가리아, 칠레, 중국, 에스토니아, 홍콩, 헝가리, 인도, 인도네시아, 한국, 말레이시아, 멕시코, 폴란드, 싱가포르, 남아프리카, 대만, 태국을 포함함.

자료: IMF, World Economic Outlook, 2008.4.

세계식량농업기구, 국제통화기금 등은 바이오 연료가 국제 곡물가격 상승에 미치는 영향에 대해 다양한 의견을 제시하고 있다.

예를 들어 중국 정부는 사료가격 인상을 억제하기 위해 바이오 에탄올의 원료로 사용되는 옥수수 양의 추가 확대를 금지하였고, 사료와 직접적인 경합관계에 놓여 있지 않은 작물(카사바, 사탕수수, 자트로파¹⁾ 등)의 사용을 촉진하고 있다. 멕시코는 2007년 초부터 옥수수 수입 가격 상승에 대응하여 또띠아(옥수수로 만든 얇은 빵) 가격을 통제하고 있고, 인도네시아 정부는 국내 식용유 가격 상승 억제를 위해 야자유 원유 수출세를 상향 조정하였다.

바이오연료가 국제 곡물가격 상승에 미치는 영향에 대해서는 다양한 의견이 나타나고 있다. 세계식량농업기구(FAO)는 바이오연료가 농산물 생산비와 수요에 영향을 미쳐 가격 상승요인으로 작용한다고 보았고²⁾, 세계은행은 곡물가 상승의 65%가 바이오연료와 사료용 수요 급증에서 기인하였다고 주장하였으며³⁾, 국제통화기금(IMF)에서는 곡물가 상승의 주요 원인으로 바이오 연료 정책을 지목하였다.⁴⁾

1) 남아메리카 원산의 식물로 유지를 함유하고 있다.

2) FAO, Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Actions Required, FAO High-Level Conference on World Food Security, 2008.6.

3) D. Mitchell, A Note on Rising Food Prices, World Bank, 2008.

4) J. Simon, The (Food) Price of Success, Finance and Development, V44, No.4, 2007.12.

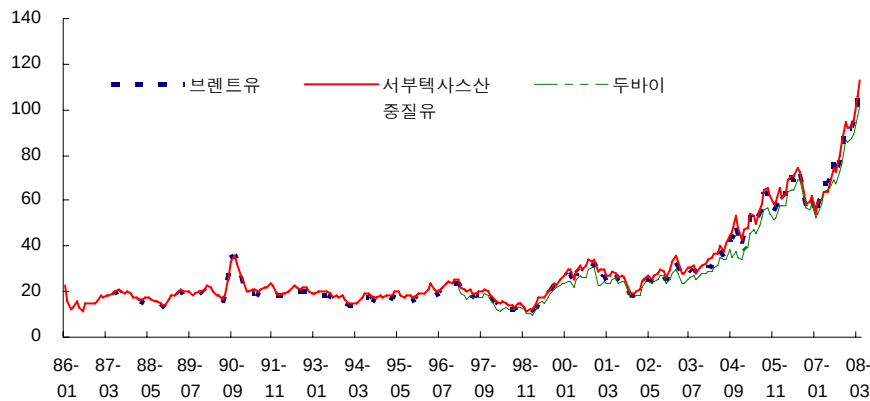
2. 국제유가와 바이오연료

국제 바이오연료 전망은 미래 유가, 낮은 가격의 사료 확보 가능성, 정부의 정책 방향, 2세대 바이오연료 개발 기술 발전 정도, 화석연료와 대체에너지의 경합 관계 등 상호 연관된 몇 가지 변수들에 의해 영향을 받는다. 전례없이 6년 동안 유가가 상승하면서 에너지 연비에 대한 관심이 높아졌고, 대체에너지에 대한 관심 역시 높아졌다. 그러나 전문가들은 이러한 변화가 실질적인 영향을 미치더라도 국제 유가가 배럴당 50달러 이하로 떨어지기는 어려울 것으로 전망하고 있다.

전례없이 6년 동안 유가가 상승하면서 에너지 연비에 대한 관심이 높아졌고, 대체에너지에 대한 관심 역시 높아졌다.

그림 4 국제 유가 추이

단위: 달러/배럴



주: 1986.1~2008.5 자료임.

자료: 미국 에너지정보청(EIA).

과거 유가 급등은 오랜 기간 지속되지 않는 특징이 있었다. 군사적인 갈등이 생긴 직후 가격이 매우 빠르게 상승하여 몇 주~몇 달간 정점을 유지한 뒤 빠르게 하락하는 것이 과거 유가 상승의 양상이었다. 고유가가 오랜 기간 지속되지 않고, 정점 이후 빠르게 하락하는 경향 때문에 새로운 대체에너지 개발에 대한 유인이 충분하지 않았다.

최근 몇 년 동안의 고유가 추세는 과거와 달리 강한 수요 측면 요인의 영향을 받고 있다. 신흥경제국과 중간 수준의 국민소득을 나타낸 국가를 중심으로 빠른 경제 성장이 이루어지면서 원유 및 에너지 수요가 크게 증가하였다. 최근 몇 년 동안의 원유 수요 증가분 중 약 2/3는 중국과 기타 중간 소득 국가에서 기인하였다.

최근 몇 년 동안의 고유가 추세는 과거와는 달리 수요 측면 요인의 영향이 강한다. 신흥경제국의 빠른 경제 성장으로 인한 원유 및 에너지 수요 증가가 원인이다.

3. 저가격 원료 확보가 바이오연료 수익성 결정

원료비용은 바이오 연료 생산 비용 중 비중이 가장 큰 부분으로 브라질에서 사탕수수를 이용하여 생산할 경우 원료비중이 37%, 미국에서 옥수수를 이용하는 경우는 원료 비중이 40~50% 수준이다.

원료비용은 바이오연료 생산 비용 중 비중이 가장 큰 부분이다. 2003~2004년 브라질에서 사탕수수를 이용하여 생산한 에탄올은 원료 비중이 37% 수준이었고, 미국에서 옥수수를 이용하여 생산하는 경우에는 원료 비중이 40~50%까지 상승한다. 최근 국제 곡물가격이 상승하면서 바이오 연료 생산 비용 중 원료 비용 비중은 더욱 빠르게 증가하고 있다. 바이오 연료 생산 비용에 영향을 미치는 다른 중요한 요인은 에너지 비용으로, 일부 국가에서는 그 비중이 20%에 이른다.

표 1 국가별 바이오 에탄올 생산비용 비교

단위: 유로/배럴

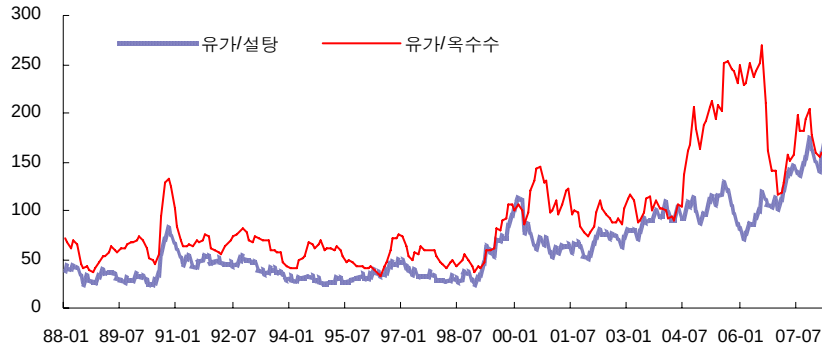
구분	미국	독 일		브라질
	옥수수	밀	사탕무	사탕수수
빌딩	0.39	0.82	0.82	0.21
기계 / 장비	3.40	5.30	5.30	1.15
노동	2.83	1.40	1.40	0.52
보험, 수리비 등	0.61	1.02	1.02	0.48
재료	20.83	27.75	35.10	9.80
기타 운영비	11.31	18.68	15.93	2.32
총생산 비용	39.48	54.96	59.57	14.48
부산물판매비용	-6.71	-6.80	-7.20	-
연방 및 주정부세금	-7.93	-	-	-
순수 생산비용	24.84	48.16	52.37	14.48

자료: 외교통상부 남미지원협력센터, 브라질의 바이오에너지 정책과 개발 및 생산 현황, 2007.10.

원유 가격과 바이오연료용 원료 가격의 비율을 지수화하면 바이오연료의 경쟁력을 예측할 수 있다<그림 5>.⁵⁾ 설탕이나 옥수수 등 원료 가격 대비 유가를 지수로 설정했기 때문에 이 지수가 높을수록 바이오연료 생산에 들어가는 비용이 상대적으로 낮아지고, 경쟁력이 상대적으로 높아지는 것으로 해석할 수 있다. 예를 들어 2004년 지수가 급격하게 상승한 이유는 원유 가격이 크게 상승한 반면 옥수수 가격이 비교적 안정적이었기 때문이다. 그러나 2006년 9월 이후 옥수수 가격이 급등하면서 바이오 연료의 비용 경쟁력이 감소하였다. 사탕수수/사탕무를 원료로 이용한 경우는 원료 가격이 비교적 안정적이어서 옥수수를 원료로 이용하는 경우보다 비용 경쟁력이 있는 것으로 판단할 수 있다. 2007년 이후 옥수수를 이용한 바이오 연료의 경쟁력은 이전 연도보다 다소 감소하고 변동 폭이 큰 반면, 설탕을 이용한 바이오 연료는 상대적으로 경쟁력이 높다고 볼 수 있다.

5) 해당 지수는 원료와 유가를 비교한 지수로 원료 가공에 필요한 에너지 비용이 반영되지 않아 채산성을 직접 반영하는 것에는 한계가 있다.

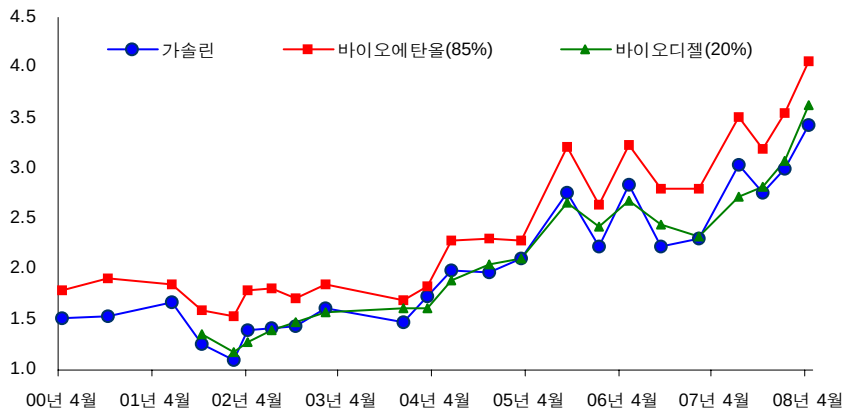
그림 5 원유/원재료 가격 지수 추이 (2000.1=100)



주: 원유는 브렌트유, 설탕(비정제)은 Contract No. 11-f.o.b, 옥수수는 chicago yellow corn 2등급 가격 기준임.
자료: 미국 에너지정보청(원유 가격); 미국농무부 경제연구소(설탕 가격); 시카고선물거래소(옥수수 가격).

그림 6 미국 내 연료 소매가격

단위: 달러/가솔린 갤런 등가치(GGE)



자료: 미국 에너지부, Clean Cities Alternative Fuel Price Reports.

바이오연료 생산 과정에서 발생하는 부산물을 판매하여 수익성을 높일 수 있다. 옥수수 에탄올 생산 과정에서 나오는 부산물인 옥수수 주정박(dried distiller's grain; DDG)은 단백질을 풍부하게 함유하고 있어 가축 사료 첨가제로 이용된다. 옥수수 주정박을 판매함으로써 농가들은 10~15%의 추가 수입을 얻을 수 있다. 미국에서는 옥수수 가격 급등에 반응하여 2007년 옥수수 주정박 가격이 크게 상승하였다. 2007년 옥수수 주정박 가격(시카고, 일리노이 기준)은 연초 120달러/톤에서 시작하여 계절적 수요가 감소하는 봄 기간 동안 하락하여 6월에 102.5달러/톤에 이르렀다.

바이오연료 생산과정에서 발생하는 부산물을 판매하여 수익성을 높일 수도 있는데, 옥수수 에탄올 생산과정에서 나오는 옥수수 주정박은 가축 사료 첨가제로 이용된다.

그러나 하반기에 가격이 크게 올라 12월에는 145달러/톤까지 상승하였다. 2007년 옥수수 주정박의 연평균 가격은 119.65달러/톤으로 2006년 톤당 평균 가격보다 31달러 높았고, 2001~2005년 평균 가격 대비 37% 상승하였다.

일부 공정에서는 발생하는 이산화탄소를 저장하였다가 식품이나 음료 부문에 판매하기도 한다. 사탕수수를 가공하고 남은 섬유질 부산물인 버개스(bagasse)를 태우면 정제에 필요한 화력 발전에 이용하거나 전기 공급에 이용할 수 있다. 바이오디젤을 생산하는 경우에는 부산물인 글리세린을 약품, 식품 가공, 사료용 등으로 판매할 수 있다.

4. 정부 보조는 불안정성 감소에 기여

바이오연료를 가장 많이 생산하는 두 국가인 미국과 브라질은 정부가 오랜 기간 적극적으로 개입했는데 다각화 에너지 안보 강화 및 농촌경제 발전이라는 명분 아래 지원을 정당화하고 있다.

바이오연료를 가장 많이 생산하는 두 국가인 미국과 브라질은 정부가 오랜 기간 적극적으로 개입했다는 공통점을 가지고 있다. 정부는 에너지원을 다각화 에너지 안보 강화 및 농촌경제 발전이라는 명분 아래 지원을 정당화하고 있다. 정부의 지원은 벤처기업들이 안고 있는 비용과 규모의 불경제를 해결하고, 수익의 불안정성을 완화하는 방식이 주를 이룬다.

표 2 브라질의 바이오 에탄올 개발 사례

브라질은 세계에서 두 번째로 바이오 에탄올을 많이 생산하는 국가로 대두를 이용한 바이오 디젤 생산을 확대하고 있다. 브라질에서 생산하는 사탕수수의 절반 이상을 바이오 에탄올 생산에 투자하여, 국가에서 소비하는 에너지의 20% 이상을 공급한다. 1970년대 오일쇼크 이후 브라질 정부는 설탕을 이용하여 에너지 자립도를 높임과 동시에 기존의 석유연료를 대신하면서 부가가치도 창출할 수 있는 방안을 모색하였다. 정부는 수십 억 레알(real brasileiro; 브라질 화폐 단위로 1레알=647.45원)을 투자하여 사탕수수 생산자를 지원하고, 정제 기술과 유통 기간시설을 구축하였다. 이와 함께 순수 에탄올을 이용하거나 여러 종류의 연료를 이용할 수 있는 차량도 연구하였다. 1990년대 중후반에는 바이오 에탄올에 대한 직접보조 및 목표가격을 철폐하였다. 이를 대신하여 혼합비율(현재는 25%)과 세금 혜택을 제공하여 바이오 에탄올 사용을 장려했다. 오늘날 브라질에서 새로 생산되는 차량의 80% 이상이 여러 연료를 사용할 수 있다(2004년에는 30%). 전국 32,000여 곳의 주유소 대부분이 바이오 에탄올을 취급하기 때문에, 소비자들도 25% 에탄올-가솔린이나 100% 함수 에탄올을 많이 이용한다. 브라질의 바이오 에탄올 생산량은 전체 소비량의 20%에 이르고 있지만, 수요량 증가를 고려할 때 현재 이상으로 점유율을 높이는 어려울 전망이다.

바이오 연료의 원료·투입재 가격과 산출물 가격 모두 불안정성이 심하기 때문에, 정부는 투자자와 생산자들의 요구를 받아들여 리스크와 불확실성을 제거하는데 중점을 둔다. 가장 일반적으로 사용하는 정책 수단은 바이오 연료 혼합율을 제정함으로써 일정 규모 이상의 시장을 안정적으로 유지하는 것이다. 이러한 수단의 강도는 규정의 강제성 정도, 이행 기간, 혼합 비율 수준 등에 따라 차이가 난다.

바이오연료의 원료와 산출물 가격 모두가 불안정하기 때문에 정부는 리스크와 불확실성을 제거하는데 중점을 둔다.

표 3 브라질의 바이오 에탄올 개발 사례

국가	원료		2007년 생산량 전망(백만 리터)		혼합 비율 목표
	바이오 에탄올	바이오 디젤	바이오 에탄올	바이오 디젤	
브라질	사탕수수, 대두, 야자유	피마자씨	18,800.2	242.6	에탄올 25% (2007년) 디젤 2% (2008년 초반) 디젤 5% (2013년)
캐나다	옥수수, 밀, 쥬	동물성 지방, 식물기름	1,000.1	96.1	에탄올 5% (2010년) 디젤 2% (2012년)
중국	옥수수, 밀, 카사바, 단수수	식물기름, 자트로파	1,600.1	113.2	에탄올 10% (5개 성)
EU	밀, 기타 곡종, 사탕무, 와인, 알콜	평지씨, 해바라기, 대두	2,303.0	6,556.0	수송용 연료 중 바이오연료 비중 5.75%(2010년), 10%(2020년)
인도	당밀, 사탕수수	자트로파, 야자유(수입)	400.1	45.4	에탄올 10% (2007년 후반) 디젤 5% (2012년)
인도네시아	사탕수수, 카사바	자트로파, 야자유	0.0	407.7	바이오 연료 10% (2010년)
말레이시아	없음	야자유	0.0	328.6	디젤 5% (2011년) 디젤 차량 및 산업용 차량에 디젤 5% 의무화 계획
태국	당밀, 카사바, 사탕수수	야자유, 식물기름	300.2	260.4	2011년까지 에탄올 10% 비중 2배 목표(가격 인센티브 제공)
미국	옥수수	대두, 기타 유지작물, 동물성 지방 등	24,600.3	1,682.6	2012년 바이오연료 사용량 284억 리터, 2022년까지 재생가능한 에너지 사용량 1,363억 리터 제시

자료: F.O. Licht, USDA.

바이오 연료 생산을 장려하는 국가들은 보조, 법인세 공제(tax credit), 세금 우대 조치 등을 이용하여 가솔린·디젤에 비해 높은 생산비 부담을 줄여주고, 소비자들의 수요 증진을 유도한다. 유럽연합은 바이오 연료를 생산하는 농가에 에이커당 18.7유로를 지원한다. 인도 정부는 제당소가 에탄올 생산시설을 도입하고자 하는 경우 예상 비용의 40%를 대해 보조 융자(subsidized loan; 이자가 없거나 상환 시점부터 정부가 이자를 대납하는 형태)를 실시한다. 브라질은 가수(含水) 에탄올과 에탄올 25%를 포함한 가솔린(E25)에 더 낮은 판매세를 부과한다. 미국은 에탄올을 혼합하는 업체에 대해 갤런당 51센트를 환급 조치를 시행하고, 식물성 기름과 동물성 지방에서 생산된 바이오 디젤에는 갤런당 1달러(재활용 식용유나 동물성 지방

가장 일반적으로 사용하는 정책수단은 바이오 연료 혼합율을 제정함으로써 일정 규모 이상의 시장을 안정적으로 유지하는 것이다.

은 50센트)의 세금 환급을 실시하고 있다.

일부 국가에서는 수입을 제한하여 바이오 연료 산업의 성장을 촉진하기도 한다. 부과하는 관세 수준은 9%(캐나다: 브라질에서 수입되는 에탄올에 부과, 미국에서 수입하는 재생 가능한 연료는 무관세)에서 24%(EU), 45%(미국: 변성 에탄올에 부과)까지 다양하다. 미국은 현재 수입 에탄올에 대해 2.5%의 관세와 갤런당 54센트 과세를 합해 약 25%의 관세를 부과하고 있다.

바이오 에탄올의 에너지 효율은 가솔린의 2/3 수준이고, 바이오 디젤의 효율은 디젤의 90% 수준에 머물고 있다. 또한 에탄올을 수송하려면 저렴한 파이프라인 대신 전용 파이프라인을 사용해야 하기 때문에 더 많은 비용이 필요하다.

5. 화석연료를 대체할 수 있을까

바이오 연료가 기존의 화석연료를 대체할 수 있는지에 대한 불확실성은 아직 남아있는데, 가장 큰 문제는 바이오 연료 생산에 필요한 토지 집적도를 어느 정도까지 줄일 수 있는가이다.

바이오 연료가 기존의 화석 연료를 대체할 수 있을지 그리고 환경적인 문제는 없는지 등을 비롯하여 바이오 연료의 미래에 대한 불확실성이 여전히 남아 있다. 가장 큰 문제는 바이오 연료 생산에 필요한 토지 집적도를 어느 정도까지 줄일 수 있는가이다. 경지 1에이커에서 생산할 수 있는 바이오 연료의 양은 100갤런(EU, 평지씨 이용)에서 400갤런(미국, 옥수수 이용), 660갤런(브라질, 사탕수수 이용)까지 다양하다. 셀룰로오스 에탄올을 생산하면 에이커 당 수확량을 1,000갤런 이상으로 증가시킬 수 있고, 보다 적은 면적의 경지를 이용해도 된다. 그러나 이 방식은 생산 비용이 높다는 문제점을 해결해야 한다. 미국의 셀룰로오스 에탄올 생산 비용은 갤런당 2.5달러로 추정되어, 옥수수 에탄올의 갤런당 1.65달러보다 높다.

국제 유가가 급등하면서 바이오 연료뿐만 아니라 다른 액체 연료를 대체연료로 사용할 수 있을지에 대한 관심이 높아지고 있다. 먼 지역에 매장되어 있는 유전이나 기존에 사용하지 않던 유사(oil sands) 중유 등에 대한 투자가 크게 늘어나고 있고, 석탄을 석유로 전환하는 방법도 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 세계 석유 생산량은 2030년까지 약 30% 증가할 것으로 전망되고, 기존에 사용하지 않던 화석 연료 생산량은 더욱 빠르게 증가할 것이다. 같은 기간 전 세계 바이오 연료 생산량은 두 배 이상이 될 것으로 전망되지만, 다른 대체 에너지 후보들보다 생산 비용이 높다는 약점을 지니고 있다. 예를 들어 생산비용은 배럴당 30달러밖에 안 되는 캐나다의 유사 1일 생산량은 100만 배럴 이상이고, 2030년에는 350만 배럴 이상이 될 전망이다. 미국, 중국 등 석탄 매장량이 풍부한 국가들은 석탄을 석유로 전환하는 방식에 관심을 가지고 있다. 초기 투자비용이 크기는 하지만 원유 가격이 배럴당 40달러 이상이면 수익을 낼 수 있을 것으로 판단된다.

6. 환경에 미치는 영향

바이오연료 생산이나 사용 확장에서 잠재적인 온실가스 배출 감축을 포함한 환경적인 편익 여부이다. 전 세계 사람들이 생활하면서 배출하는 이산화탄소 배출량 중 약 25%가 교통 및 수송 부문에서 발생하는 것으로 추정된다. 전 세계의 도로 수송은 지난 40년간 빠르게 증가하여 왔고, 앞으로도 중간 소득 국가를 중심으로 계속 늘어날 전망이다.

바이오 연료도 가솔린과 마찬가지로 연소될 때 이산화탄소를 배출한다. 이론적으로 바이오 연료는 탄소 중립적이기 때문에, 곡물이 최근에 흡수한 이산화탄소를 배출한다. 반면 가솔린이나 다른 화석연료는 수백만 년 전에 흡수하여 저장하여 온 이산화탄소를 공기 중에 배출하여 이산화탄소를 공급한다.

연소 과정 외에 원료의 생산과 연료로의 가공 과정까지 분석하는 생애 분석(life-cycle analysis)을 하면 바이오 연료의 이점이 보다 불분명해진다. 대부분의 연구는 바이오 연료의 순 에너지 균형이 양의 값을 가진다고, 즉 투입 에너지보다 산출 에너지가 크다고 추정하지만, 추정치는 매우 다양하다. 옥수수를 이용하는 경우 순 에너지 균형이 작은 편이고, 대두를 이용한 바이오 디젤이나 사탕수수 또는 셀룰로오스를 이용한 에탄올이 비교적 큰 편이다. 순 에너지 균형이 가장 높은 바이오 연료는 가솔린을 이용하는 경우보다 온실가스 배출을 상당 부분 감축할 수 있다.

환경적인 측면에서 생각해 보아야 할 또 하나의 중요한 문제는 바이오 연료가 보다 상용화될 때 추가로 필요한 경지면적이다. 미네소타 대학의 연구 결과에 따르면, 미국 내의 모든 옥수수와 콩 경지에서 바이오 에탄올과 바이오 디젤을 생산하더라도 각각 수송용 연료 수요의 12%, 6%만을 공급할 수 있다.⁶⁾

에너지 수요량 중 일부를 공급하기 위하여 넓은 경지를 할애하는 것은 합리적이라고 보기 어렵다. 소득이 낮은 국가에서는 보다 적은 자원을 사용해도 국내 에너지 수요를 충당할 수 있다. 그러나 원료 곡물 생산을 위해 열대우림을 개간하거나 야생동물 서식지를 훼손하는 문제는 인도네시아, 말레이시아, 브라질 등에서 논란의 대상이 되고 있다.

환경적인 측면에서
생각할 때 온실가스
배출 감축 및 에너지
수요량을 충족시키
기 위해 추가로
필요한 경지면적
할애부문을 생각해
볼 필요가 있다.

7. 수익성과 신기술이 바이오 연료의 미래를 결정

기술 발전과 효율성 증진(바이오매스 단위 증가와 바이오매스에서 생산할 수 있는 바이오연료의 양 증가)이 이루어지면 경제적 비용과 환경에 미치는 영향이 점

6) 바이오 연료 생산에 소요되는 화석에너지까지 고려하면 이 비중은 더욱 줄어든다.

바이오 연료의 미래를 결정하는 수익성은 몇 가지 상호연관된 요인들의 영향을 받는데 가장 중요한 변인은 국제원유 가격이다.

차 줄어들 것이다. 작물 재배 가능 기간이 길고 수확단수가 높으며 투입비용이 낮은 열대지역이 수익성과 환경 영향 측면에서 바이오 연료 생산에 적합할 것으로 보인다. 예를 들어, 브라질에서는 사탕수수 부산물인 버갠스로 에탄올 정제장치를 가동하지만, 미국에서는 천연가스나 석탄을 이용한다.

바이오 연료의 미래를 결정한 수익성은 몇 가지 상호연관된 요인들의 영향을 받는다. 가장 중요한 변인은 국제원유 가격이다. 과거와 달리 현재의 고유가 추세가 지속된다면 바이오 연료의 수익성은 높은 수준을 유지할 수 있을 것이다. 반면 원료 작물인 옥수수, 식물성 기름 등의 가격이 상승한다면(설탕 제외) 바이오 연료의 생산비가 상승하여 수익성이 악화될 것이다. 주요 바이오 연료 생산국인 미국, 브라질, EU 등의 정부도 이 점을 인지하고, 정부 지원을 통해 이익의 불확실성을 감소시키고 있다.

경지 면적이라는 제한 때문에 세계 에너지 공급 부문에서 바이오 연료가 차지하는 비중은 일정 수준을 넘기 어려울 것이다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 새로운 기술의 개발이 필수적이다. 광범위하게 사용되는 셀룰로오스 물질을 이용한 경제적인 바이오 연료 개발이 현실화된다면 바이오 연료의 비중은 현재보다 높아질 것이다.

참고문헌

- 미국 에너지부, Clean Cities Alternative Fuel Price Reports, 2008.
- 미국 에너지정보청(<http://www.eia.doe.gov>)
- 외교통상부 남미자원협력센터, 「브라질의 바이오에너지 정책과 개발 및 생산 현황」, 2007.10.
- Coyle, W., "The Future of Biofuels- A Global Perspective", *Amber Waves*, 2007. 11.
- FAO, "Soaring Food Prices: Facts, Perspectives, Impacts and Actions Required", FAO High-Level Conference on World Food Security, 2008.6.
- IMF, *World Economic Outlook*, 2008.4.
- Livestock Marketing Information Center, *Livestock Monitor*, 2008.1.
- Mitchell, D., "A Note on Rising Food Prices", World Bank, 2008.
- Simon, J., "The (Food) Price of Success", *Finance and Development*, Vol. 44, No.4, 2007.12.
- The Royal Society, "Sustainable Biofuels: Prospects and Challenges", 2008.1.