

선진국의 바이오에너지 정책과 영향

이 상 민*

바이오에너지 활성화 정책은 에너지안보에 대한 위기의식에서 출발하여 대기오염과 온실가스를 감축할 수 있는 환경적인 측면, 그리고 원료로 이용되는 작물의 새로운 시장을 창조한다는 농업적인 측면 등 다양한 분야에서 주목을 끌고 있다. 주요 생산국의 바이오에너지 산업 활성화 정책과 관련된 쟁점을 규명하고 그 영향에 대한 평가방안을 마련하고자 지난 1월 22일부터 23일까지 OECD가 주최하는 바이오에너지 정책분석에 관한 워크숍이 개최되었는데, 여기서 발표되고 논의되었던 내용을 중심으로 정리하였다.

1. 배경

농업 부문에서 바이오에너지와 관련된 OECD의 연구는 2003년 개최된 ‘바이오매스와 농업’에 관한 워크숍을 시작으로, 2005년 ‘바이오연료 생산 증가에 따른 농산물시장 영향’에 대한 연구, 그리고 이번에 개최된 워크숍으로 이어진다.

첫 번째 개최된 워크숍은 정책적 접근을 중심으로 한 농업의 바이오매스

* 한국농촌경제연구원 smlee@krei.re.kr 02-3299-4193

사용에 대한 사회경제학적·환경적 영향에 대한 분석을 주로 다루었다. 바이오연료 생산증가에 관한 2005년 연구 결과의 주요 내용은 생산경제학적인 측면에서 바이오연료에 대한 점검이 이루어졌으며, 바이오연료 생산증가가 농작물에 미치는 영향에 대한 논의가 집중적으로 이루어졌다. 그러나 논의의 대상이 수송용 액체 바이오연료에 초점이 맞추어졌고 미국을 비롯한 바이오연료 생산국만을 그 대상으로 하였다는 지적이 있었다. 또한 정책에 대한 영향분석이 미비하였다는 한계가 있었다.

따라서 이번에 개최된 워크숍은 대상을 확대하여 수송용 연료를 비롯한 모든 바이오에너지를 포함하였으며, 정부의 바이오에너지 활성화정책과 관련된 쟁점을 짚어보고 현재 심각하게 고려되고 있는 문제점을 평가하는 방안, 그리고 문제점 해결을 위한 정책 방향에 대한 깊이 있는 논의가 이루어졌다. 그러나 역시 논의의 주요 대상은 바이오연료에 맞추어졌는데, 그 이유는 현재까지 가솔린을 비롯한 수송용 화석연료의 대안으로 제시되는 유일한 원료가 바이오연료이기 때문이다. 여기에서도 바이오연료를 중심으로 내용을 구성하였으며, 본문에서는 바이오에너지와 바이오연료를 동일한 의미로 사용하였다.

2. 현황

2.1. 생산

국가별 바이오에탄올 생산량을 보면 미국이 2005년 약 161억 리터를 생산하여 브라질을 제치고 세계 제일의 바이오에탄올 생산국이 되었다. 브라질은 같은 해 미국의 뒤를 이어 약 160억 리터를 생산하였으며, 중국이 약 38억 리터를 생산한 것으로 나타난다. EU의 바이오에탄올 생산량은 2006년 미국 생산량의 약 9%에 불과한 것으로 나타났다.¹⁾

1) Rabobank. 미국과 달리 EU는 바이오연료 생산량을 톤으로 나타내고 있어 비교하

한편 한국과 일본은 2005년 바이오에탄올 생산량이 2004년에 비해 감소한 것으로 나타났다. 이는 두 국가의 경우 바이오에탄올 생산을 위한 원료곡물이 수입의존적인 상황에서 최근 국제 곡물가격이 상승함에 따라 생산량은 줄어들 수밖에 없었기 때문인 것으로 생각할 수 있다.

바이오디젤의 경우 EU 회원국을 중심으로 2006년에 약 450만~500만 톤을 생산한 것으로 나타났다. 독일이 268만 톤으로 가장 많이 생산한 것으로 나타났다으며, 그 뒤를 이어 이탈리아, 프랑스 등의 순으로 생산량이 많았다. 미국의 생산량도 약 60만 톤을 기록한 것으로 나타났다.

표 1 국가별 바이오에탄올 생산현황

단위: 백만 리터

국가	2004년	2005년
미국	13,381	16,141
브라질	15,100	16,000
중국	3,469	3,800
일본	117	114
한국	83	64

자료: <http://www.ethanolrfa.org>

표 2 국가별 바이오디젤 생산현황

단위: 천 톤

국가	2004년	2005년	2006년
독일	1,035	1,669	2,681
프랑스	348	492	775
이탈리아	320	396	857
오스트리아	57	85	134
스페인	13	73	224
미국	100	300	600

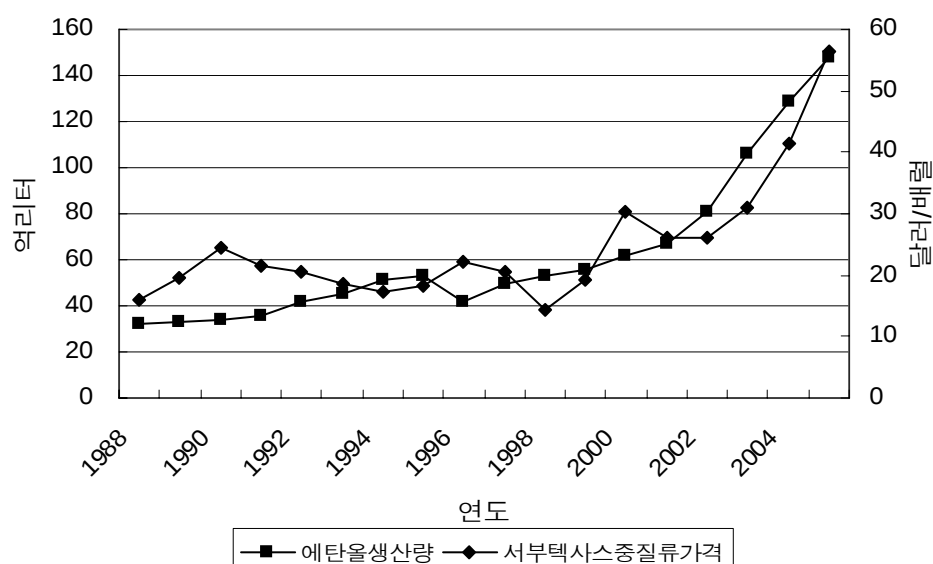
자료: European Biodiesel Board, The National Biodiesel Board(<http://www.biodiesel.org>)

주: 원자료의 미국 생산량은 갤런으로 표시되었으나, 다른 국가와의 비교를 위하여 편익상 톤으로 전환하였으며, 전환계수는 0.004톤/갤런을 적용함.

기 어려움. 그러나 Rabobank의 자료에는 2006년 미국 바이오에탄올 생산량을 톤으로 나타내어 직접적인 비교가 가능함.

바이오에탄올의 최대생산국인 미국의 연료용 바이오에탄올 생산량과 원유가격(텍사스중질류)의 관계를 살펴보면 아래의 그림과 같이 매우 밀접하게 연관되어 있다는 것을 알 수 있다. 즉 원유가격의 상승에 따라 바이오에탄올 생산량도 증가한 것으로 나타났으며, 특히 배럴당 30달러에 접근한 2000년 이후에는 생산량이 가파르게 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 원유가격이 바이오연료 생산증가의 중요한 요인이 된다는 것을 나타내고 있다.

그림 1 미국의 연료용 바이오에탄올 생산량과 원유가격



자료: <http://www.ethanolrfa.org>, 에너지경제연구원

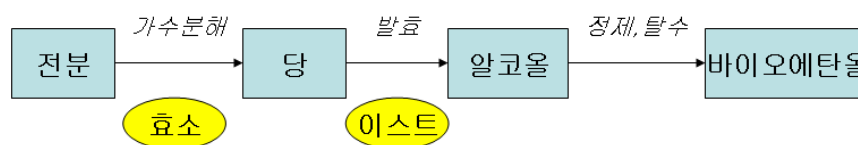
2.2. 기술

바이오에탄올의 경우 원료물질에 따라 다양한 물리적·생화학적 과정을 거쳐 제조된다. 미국의 경우 주로 옥수수를 원료로 이용하며, 브라질은 사탕수수를 주요 원료로 사용한다.

제조과정을 보면, 옥수수 등의 곡물을 갈아 전분으로 만든 다음 효소를 첨

가하여 가수분해하면 당이 만들어지고, 이스트를 첨가하여 알코올을 분해한 후 정제 및 탈수과정을 거치면 바이오에탄올이 생산된다. 이 방법은 투입원료인 옥수수 수분함량에 따라 드라이밀링(Drying Milling) 그리고 웻밀링(Wet Milling) 등으로 구분할 수 있는데 전자의 경우 옥수수주정박(Dried Distillers Grain with Solubles: DDGS)이라는 사료용 물질과 이산화 탄소가 부산물로 생성되며, 웻밀링의 경우 옥수수기름, 글루텐 밀, 이산화탄소 등이 부산물로 만들어진다. 한편 사탕수수를 이용할 경우 전분을 만들 필요 없이 바로 당을 추출할 수 있으므로 공정이 간단하고 비용이 절감되는 장점이 있다.

그림 2 바이오에탄올 제조 공정



최근에는 셀룰로즈 및 리그노셀룰로즈를 포함하는 바이오매스(곡물이 아닌 나무, 풀, 지푸라기 등)를 이용하여 바이오에탄올을 제조하는 방법이 개발되고 있으나, 당으로 전환하는 과정이 복잡하고 어려워 현재까지는 상용화되지 못하고 실험적으로 일부 생산되고 있다. 그러나 이 방법은 곡물을 이용하지 않아 현재 바이오에너지 생산으로 인해 발생하는 대부분의 문제를 해결해 줄 수 있는 차세대 기술로 기대된다.

바이오디젤의 경우 메탄올을 식물성 기름, 동물성 기름 또는 재활용 유지(Grease)등과 섞은 다음, 촉매를 이용한 간단한 화학반응(트랜스에스테르화)을 일으켜 제조한다. 바이오에탄올에 비해 이용할 수 있는 원료가 매우 다양하다는 장점이 있다. 또한 부산물로 생산되는 글리세린은 대부분 화장품, 윤활제 등의 원료로 이용되거나 바이오에탄올 합성원료로 이용될 수 있다. 원료의 수율을 보면 콩씨 1톤당 173리터, 유채씨 1톤당 409리터의 바이오디젤을 만들 수 있는 것으로 알려져 있다.

3. 국가별 바이오에너지 정책

3.1. 배경 및 목표

에너지 위기를 경험한 나라들은 에너지 안보에 대한 우려가 증가함에 따라 바이오에너지를 개발하기 시작하였다. 사탕수수가 풍부한 브라질의 경우 1975년 오일쇼크 이후 적극적인 바이오에탄올 개발에 착수하였으며, 미국은 1978년 이후 옥수수를 에탄올로 전환하기 시작하였다. 또한 곡물을 이용한 바이오에너지 생산방법은 곡물의 과잉생산으로 인한 가격하락을 방지하고 농업소득을 높여줄 수 있는 방안으로 떠올랐다. 최근 들어서는 지구 온난화 문제가 심각한 현안으로 대두됨에 따라 화석연료를 대체할 바이오에너지의 중요성이 더욱 부각되고 있는 실정이다.

따라서 바이오에너지 생산국들은 다음과 같은 목표를 가지고 바이오에너지 활성화 정책을 수립하였다.

- ① 에너지 공급원의 다변화 및 국내 자원을 이용한 에너지 자급률 제고
- ② 농작물 수요 증가를 통한 가격지지
- ③ 새로운 시장 형성을 통한 투자 및 직업창출기회 제공
- ④ 온실가스 및 대기오염 물질 감축

3.2. 바이오에너지 육성정책

바이오에너지 산업을 활성화하기 위한 대표적인 정책으로는 생산비용과 가격의 차이를 지원해주는 제도, 의무혼합제(mandatory blending), 그리고 관세 등을 들 수 있다.

화석연료에 비해 생산비용이 높은 바이오에너지의 생산을 촉진하기 위해 대부분 국가에서는 초기정책으로 세금감면, 시설투자 지원 등과 같은 재정적

인 지원을 채택하였다. 세금감면은 보조금과 같은 역할을 하여 시장을 왜곡하게 된다. 가장 다양한 혜택을 지원하는 국가는 미국인 것으로 알려졌는데, 주정부가 에탄올의 혼합정도에 따라 리터당 0.104유로 정도의 세금을 공제하며, 연방정부는 바이오디젤 생산을 위해 농산물의 지방과 기름을 이용할 경우 0.20유로/리터, 폐기름(waste oil)을 이용할 경우 0.10유로/리터의 세금을 공제해주고 있다. 또한 소규모생산세금공제(Federal small producer tax credit)를 추가적으로 적용하고 있는데, 그 대상은 식물을 이용하여 연간 2억 2,500만 리터(6천만 배럴)미만의 바이오에탄올이나 바이오디젤을 생산하는 자로 정하고 있으며, 공제금액은 초기 5,600만 리터(1,500만 배럴)에 대한 0.02유로/리터(0.10달러/배럴)이다. 또한 일부 주(州)에서는 지역 안에서 생산된 바이오연료에 대해 0.04유로/리터의 보조를 추가적으로 지급하고 있다.

생산에 대한 세금감면과 함께 대부분 국가들은 연료소비세 또는 판매세와 연계한 세금특혜를 통해 바이오연료 사용을 활성화하고 있다. 가장 보편적인 방법은 수송용 연료에 대해 리터당 소비세 감면 또는 면제이다. 이러한 제도는 브라질이 가장 먼저 도입하였는데 리터당 0.11유로 정도이다. 유럽연합의 경우 전체적인 소비세는 적용하지 않고 있으며, 일정범위 안에서 바이오연료에 대한 회원국의 자발적인 세금특혜를 인정하고 있다. 캐나다는 1990년대부터 혼합연료의 에탄올 비율에 대해 연방소비세를 면제하고 있는데 그 금액은 현재 0.10캐나다달러/리터 정도이다. 미국의 경우 일부 주 정부 차원에서 특정 제품(E10, E85 등)에 대해 소비세를 감면하고 있는데 바이오에탄올의 경우 그 범위가 0.002~0.101유로/리터 정도인 것으로 알려져 있다.

표 3 소비세 감면액 또는 세금환불액

단위: 유로/리터

국가 및 지방	바이오에탄올, ETBE	바이오디젤
호주	0.231	0.231
브라질		
연방	0.1085	0.08
상파울로	0.1809	
캐나다		
연방	0.066	0.264
브리티시컬럼비아	0.093	0.093
온타리오	0.099	0.093
퀘벡		0.100
EU		
오스트리아	0.0150	0.0280
덴마크	0.0300	0.0300
프랑스	0.3700	0.3700
독일	0.6545	0.4704
이탈리아	0.2600	0.4130
스웨덴	0.1500 이하	0.1800 이하
영국	0.3200	0.3200
미국		
캘리포니아	0.022	
델라웨어	0.002	
플로리다	0.048	
아이다호	0.006	0.255
인디애나	0.005	0.102
아이오와	0.041	
뉴욕	0.101	0.086

최근 들어 시장왜곡을 축소하고 투명성을 높이기 위해 의무혼합정책의 비중을 높이는 국가가 늘어나고 있다. 의무혼합제도란 전체 연료 공급량 가운데 일정한 양 또는 비율을 바이오연료로 대체하도록 정하는 것이다. 이 정책은 세금과 관계되는 시장 왜곡이 발생하지 않지만, 시장가격과 연계된 위험을 전적으로 소비자에게 전가하는 단점이 있다.

EU의 경우 혼합연료에 대한 바이오연료의 비율을 2010년까지 5.75%, 2020

년까지 10% 등으로 정하고 있다. 미국은 2012년까지 75억 갤런의 바이오에탄올 사용을 목표로 정하고 있으며 이 가운데 2억 5천만 갤런은 셀룰로스를 이용한 바이오에탄올 생산을 목표로 하였다. 또한 최근 부시 대통령은 2007년 연두교서(The 2007 State of The Union Address)에서 2017년까지 재생연료 공급량을 350억 갤런(1,325억 리터)까지 늘리겠다고 발표한 바 있다.

표 4 바이오연료 혼합의무 또는 목표

국가	양, 혼합비율	목표연도
호주	350만 리터	2010
EU	연료시장의 2%	2005
	연료시장의 5.75%	2010
	연료시장의 10%	2020
미국	가솔린 소비량의 2.78% (40억 갤런)	2006
	가솔린 소비량의 75억 갤런(280억 리터)	2012

많은 국가에서는 바이오에너지 산업 활성화를 위해 세금혜택, 의무혼합과 함께 관세를 적용하여 국내 업체를 보호하고 있다. 대부분의 바이오에탄올 생산 국가는 수입에탄올(HS220710, Undenatured ethyl alcohol)에 대해 20%(또는 0.10유로/리터) 이상의 최혜국(Most favored nation: MFN)관세를 부과하고 있다. 그러나 미국은 연료용 수입에탄올에 대해서는 추가적인 관세를 부과하며, 호주의 경우 수입 에탄올에 대한 관세 상당의 소비세를 부과하고 있어 OECD 국가 가운데 가장 높은 세금을 부과하고 있는 것으로 나타났다. 반면 화학물질로 분류된 바이오디젤에 대한 관세는 바이오에탄올 관세보다 훨씬 낮은 것으로 나타났는데, 그 범위는 0%(스위스)에서 6%(EU) 사이에 분포하는 것으로 나타났다.

표 5 국별 에탄올 관세

국가	실행세율	증가세상당치
호주	5%+AUD 38.143/리터	51%
브라질	0%	0%
캐나다	CAD 0.0492/리터	6%
EU	0.192유로/리터	38%
스위스	CHF 35/100kg	34%
미국	2%+USD 0.51/갤런	23%

주 : 증가세상당치 계산을 위해 세전 단가를 리터당 0.5유로로 가정했음

4. 영향

바이오에너지 활성화정책의 목표는 앞서 밝힌 바와 같이 곡물에 대한 새로운 수요를 창조하여 농산물 가격 상승을 유도하는 것도 포함된다. 가격인상으로 인해 다양한 그룹의 이해관계가 복잡하게 얽혀있지만 현재까지 농업과 연계되어 가장 주목을 받는 사안은 원료 곡물의 수급에 관한 내용이다.

4.1. 미국사례

현재 가장 많은 바이오에탄올을 생산하고 2006년 세계 옥수수 생산량의 약 40%를 차지하는 미국의 예를 살펴봄으로써 문제점을 지적하고자한다. 미국의 에탄올 생산을 위한 토대는 1978년 에너지세법에서 세금감면의 내용을 개정하면서 갖추어졌다고 할 수 있다. 옥수수 공급이 부족했던 1995년과 1996년을 제외하면 꾸준한 증가세를 유지하였다고 볼 수 있다<그림 1>. 특히 2006년 9월부터 2007년 8월까지 약 34%의 성장률을 보일 것으로 예상되며, 앞으로 2년 동안 약 32~40% 성장이 전망된다.

현재 미국 내에서 가동 중인 바이오에탄올 공장 수는 112개이며, 약 80개가 건설 중에 있다. 2006년 9월부터 2007년 8월의 기간 동안 옥수수 전체 생산량(약 2억 7천만 톤)의 약 20%(5,460만 톤)가 에탄올 제조에 투입되어 224억 리터의 에탄올을 생산할 것으로 추정된다. 이 양은 전체 가솔린 소비량(5,300억

리터)의 약 4%에 해당된다.

표 6 에탄올 지원을 위한 법안

연도	법안	내용
1978	Energy Tax Act	에탄올 세금감면 0.40달러/갤런(0.106달러/리터), 가솔린 소비세 0.04달러/갤런
1982	Surface Transportation Assistance Act	에탄올 세금감면 0.50달러/갤런, 가솔린 소비세 0.09달러/갤런으로 조정
1984	Tax Reform Act	에탄올 세금감면 0.60달러/갤런
1990	Omnibus Budget Reconciliation Act	에탄올 세금감면 0.54달러/갤런으로 인하하고 적용기간 2000년까지 연장
1992	Energy Policy Act	E85 사용차량에 대한 세금 감면
1998	Transportation Efficiency Act of the 21st Century	에탄올 세금감면 적용기간 2007년까지 연장하되 2005년까지 0.51달러/갤런으로 인하
2004	Jobs Creation Act	소비세 감면에서 생산자에 대한 세액공제로 전환하고 2010년까지 연장 적용
2005	Energy Policy Act	재생연료 생산기준 설정. 2006년 40억 갤런을 시작으로 2012년까지 75억 갤런(284억 리터)도달

현재 건설 중인 공장이 완공되는 2008년 중반이면 226억 리터의 에탄올이 추가로 생산될 것이며, 이를 위해 5,510만 톤의 옥수수가 이용될 것으로 예상되는데, 옥수수 세계 최대 수입국 일본의 2005.9~2006.8까지 수입량 1,647만 톤과 EU의 2006년 생산량 4,430만 톤을 고려했을 때 엄청난 양이라고 할 수 있다.

미국에는 현재 추가적으로 370개의 공장건설이 계획되거나 제안되었는데, 모두 설립될 경우 3억 3천만 톤의 옥수수 수요가 발생하게 된다. 이 양은 2006년 미국생산량의 120%, 세계 생산량의 46%에 해당하며, 에탄올로 제조될 경우 미국 연간 가솔린 소비량의 26%를 대체할 수 있게 된다.

그러나 원유가격이 60달러/갤런으로 가정하더라도 옥수수 수요 증가에 따른 옥수수가격 인상, 에탄올 가격 하락, 주요 곡물 및 축산물 가격 인상 압력 등 여러 가지 제한 요소로 인해 미국의 에탄올 생산을 위한 옥수수 사용량은 1억 3,960만 톤에서 멈출 것으로 전망된다. 이 양은 2006년 미국 옥수수 생산의 50%에 해당한다. 단순히 부피로 비교했을 때 가솔린 연간 사용량의 11~12%에 해당하는 570억 리터의 에탄올을 생산할 수 있으며, 2012년 목표 생산량 284억 리터의 약 2배가 된다.

미네소타 대학에서 추정한 에탄올 생산비용 1.27달러/갤런을 이용하여 손익을 계산하면 2006년 말 옥수수 가격보다 60% 높아 질 경우 손익분기점에 이르게 된다.

2012년까지 미국의 에탄올 생산을 위한 옥수수 사용량이 1억 3,960만 톤에 그칠 것으로 가정하면, 원유가격이 하락하지 않는 한 옥수수 생산의 급격한 증가는 불가피할 것으로 판단된다. 생산량 증가를 위한 방법으로는 옥수수와 에탄올의 생산성을 향상하는 방법과 생산면적을 늘리는 방법이 있다. 그러나 생산성 향상을 통한 증산은 한계가 있으므로 대부분은 생산면적을 넓힘으로써 목표량에 도달할 것으로 예상된다.

옥수수 생산량 증가 추세를 감안하고 부산물인 옥수수주정박(Dry Distillers Grain and Solubles: DDGS)을 곡물 사료 대신 이용하며, 수출량 4,900만 톤, 사료 및 식품이용률을 최근 상태로 유지한다고 가정하면 에탄올 산업에 투입되는 예상 옥수수량을 확보하기 위해서는 약 730만 헥타르가 추가로 경작되어야 하는데 이 면적은 2006년 경작지의 23%에 해당한다.

현재 CRP(Conservation Reserve Program)²⁾에 의해 보호되고 있는 토지는 약

2) 침식되기 쉽고 환경적으로 민감한 토양에 대하여 자발적으로 농업생산을 중단시키기 위해 개발된 프로그램. 계약기간은 10~15년이며 주정부 토지를 제외한 최근

1,460만 헥타르이며, 이 가운데 280만 헥타르만 옥수수 생산지역(Corn Belt) 내에 포함되어 있다. 따라서 옥수수경작이 가능한 면적은 약 140만 헥타르로 추정된다. 나머지 면적은 다른 작물 생산지를 옥수수 생산으로 전환하여 충족할 것으로 전망되며, 그 대상작물은 콩(soybean)과 밀 등이다.

콩과 밀은 옥수수 생산지역의 대표적인 대체작물로 재배되는데, 콩의 경우 주생산지역이 강수량이 적은 서쪽으로 이동하는 경향을 보이고 있으며 밀은 장기적으로 재배면적이 줄어들고 있는 것으로 나타났다. 콩은 현재 바이오디젤의 원료로 이용되고 있으나, 옥수수 재배면적의 증가와 바이오디젤 생산을 위한 콩 기름 증가(13억 2,400리터)를 고려하더라도 전체적인 생산량은 줄어들 것으로 전망된다. 그 이유는 콩이 가격에 대해 비탄력적이며, 콩기름 이외에 바이오 디젤 생산에 이용될 수 있는 원료가 많기 때문이다.

4.2. 농업 관련 산업

전 세계적으로 정부정책과 원유가격인상으로 인해 바이오연료 생산에 대한 요구가 크게 늘어나고 있으며, 미국, 브라질, EU 회원국 이외에도 아시아, 남아프리카공화국, 러시아 등 많은 국가에서 바이오연료를 생산하기 위해 노력하고 있다. 그러나 이러한 생산 노력은 현재의 기술을 고려했을 때 제한된 경작지에서 생산되는 곡물의 수요를 증가시켜 결국 식품 공급을 불안하게 만드는 요인으로 작용할 것이며, 옥수수, 콩, 밀 등의 가격인상으로 식품소비 비용을 증가시키는 결과를 초래하게 될 것이다.

또한 바이오에탄올 생산을 위해 다량의 옥수수가 투입될 경우 가격에 완전 비탄력적이지 않은 축산물은 사료비용의 증가로 인한 가격인상으로 소비가 줄게 될 것이며, 결과적으로 산업의 축소를 초래하게 될 것이다.

6년 가운데 4년 이상 경작된 토지를 대상으로 하며, 비용의 50%를 부담하게 됨.
대상 활동(Practices)은 초지조성, 야생동물 서식지 조성 및 관리, 조림 등임

4.3. 환경

한편 바이오에너지에 대한 소비확대는 국가의 환경목표에 부합하여 온실가스 및 대기오염을 감축하는 긍정적인 측면이 있다. 그러나 현재 상용화된 기술로 에탄올을 생산할 경우 다량의 물이 필요하기 때문에 지하수에 미치는 영향을 감안하여야 하며, 또한 생산량 증대를 위해 연작을 실시할 경우 발생하는 토양침식, 과도한 비료 사용으로 인한 수질오염, 한계지 개발에 따른 부정적 요인 등이 발생할 것으로 예상된다.

4.4. 투자기업

초기 바이오에너지 산업 육성을 위해 채택한 정책은 세금혜택, 수입관세 등을 통해 국내 생산자들을 보호하고, 시설자금 지원 등을 통해 지역농민들의 적극적인 참여를 유도하여 새로운 시장에 대한 혜택을 받을 수 있는 방향으로 전개되었다. 그러나 미국, 유럽에서와 같이 많은 국가들이 의무혼합제도를 채택함으로써 정부정책과 시장규모를 예측할 수 있게 되었으며, 이는 더욱 많은 기업의 참여기회를 부여하는 계기가 되었다. 따라서 상대적으로 투자규모가 크고 경쟁력 있는 기업들이 바이오에너지 산업에 뛰어들 것으로 판단된다.

4.5. 영향평가 방법

정책 영향을 정확하게 분석하는 것은 문제점을 밝혀내고 개선하여 정책 목표를 달성할 수 있게 하는 매우 중요한 절차이다. 앞 절에서 알아본 영향을 분석하기 위해 다양한 방법이 개발되고 있으나 농업모형을 변형하여 에너지작물의 수급을 감안한 곡물의 가격 변화를 추정하고, 원료 가격상승에 따른 파급효과를 측정하는 방법이 일반적으로 적용되고 있다. 캐나다에서는 주요 농산물의 생산, 시장, 운반 등을 포함하는 정태·공간·비선형 최적화 모델인 CRAM(Canadian Regional Agricultural Model)을 현재 개발 중이다.

환경영향에 대한 평가를 위해 LCA(Life cycle analysis)를 이용하는데, 최종

바이오에너지(특히 바이오연료) 사용에 따른 환경의 영향만 평가하는 것이 아니라 바이오에너지 생산과정에서부터 최종 소비단계에 이르기까지 발생하는 모든 환경적 영향에 대하여 평가하는 것이다. 최근 수송용 바이오연료 에너지 균형에 관한 가장 권위 있는 연구기관인 EUCAR(European Council for Automotive R&D), CONCAWE(Conservation of Clean Air and Water in Europe), JRC(Joint Research Center of the European Commission) 등을 중심으로 활발하게 연구되고 있다. 그러나 이 방법은 모델의 가정에 따라 동일한 상황이라도 전혀 다른 결과를 도출할 수 있어 모델의 신뢰성에 대한 비판이 제기되고 있는 실정이다.

5. 결론

바이오에너지를 생산하는 국가들은 산업의 활성화를 위해 세금혜택, 의무 혼합 등 다양한 정책을 적용하고 있다. 바이오연료의 경우 이러한 노력의 결과 2000년대 들어 생산량이 급격하게 증가하였다. 그러나 산업의 활성화에 결정적인 원인은 원유가격이 상승하고, 가솔린 첨가제인 MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether)의 사용이 금지되어 에탄올로 대체되면서 새로운 시장이 형성되었기 때문이다.

바이오에너지 생산 증가는 농산물 원료에 대한 수요 증가로 이어져 원료가격이 급등하고 생산량을 늘리기 위한 변화가 일어나고 있다. 그 결과 동일한 농산물을 원료로 이용하던 전통적인 식품산업과 사료산업이 어려움을 겪게 되고 축산업마저 규모가 축소될 것으로 전망된다.

또한 생산 증가를 위한 단기적인 노력이 대부분 환경에 좋지 않은 영향을 미치고 있어 바이오에너지 이용의 중요한 목표인 환경오염 감축을 무색하게 만들 우려가 있는 것이 사실이다.

바이오에너지 생산증가로 인해 발생했거나 발생할 것으로 예상되는 이러한 문제점을 해결할 수 있는 방법은 원유가격 인하, 옥수수과 에탄올의 급격한 생산성 향상, 새로운 기술의 상용화, 바이오에너지 활성화정책 폐지 등을 들 수 있다.

원유의 경우 바이오에너지와 대체관계에 있으나 현재로는 연료시장의 대부분을 차지하고 있어 외생적인 요인으로 생각하여야 하며, 바이오에너지 생산성 향상에는 한계가 있다는 것을 인정하여야 한다. 따라서 현재 바이오에너지 생산증가에 의해 나타나는 문제점을 해소하기 위해서는 활성화정책을 폐지하거나 실용 가능한 기술을 개발하는 방법밖에 없다고 할 수 있다. 그러나 현재로서는 생산을 지연하는 정책을 실행하기에는 여건이 녹록하지 않은 것이 사실이다. 그 이유는 현재 상당량의 화석연료가 정치적으로 불안한 국가에서 생산되고 있어 에너지 안보에 대한 필요성이 어느 때보다 강조되며, 지구 온난화에 대한 심각성이 현실로 나타나고 있기 때문이다. 이러한 현상은 부시 대통령이 2007년 연두교서를 통해 밝힌 바에서도 짐작할 수 있으며, 결국 바이오에너지 산업을 지속적으로 활성화하기 위한 방향으로 정책은 나아갈 것이다.

따라서 결론적으로 바이오에너지 산업의 지속적인 성장을 위해서는 새로운 기술이 뒷받침되어야 할 것이며, 현재로서는 셀룰로즈 및 리그노셀룰로즈를 포함하는 바이오매스(곡물이 아닌 나무, 풀, 지푸라기 등)를 이용하여 바이오 에탄올을 만드는 방법이 가장 기대된다고 할 수 있다.

참고자료

www.oecd.org/agr/meet/bioenergy 'Bioenergy Policy Analysis'

Jan-Erik Petersen, Bioenergy - approaches to analysing environmental costs and benefits, European Environment Agency

Jean-Marc Bourgeon, The interactions biofuel policies with agricultural and environmental policies, INRA and Ecole Polytechnique

Robert N. Wisner, The economics of Bioenergy Industry Growth: Economic

Dimensions of Corn-Based Ethanol for Motor Fuel in the U.S. and its
International Implication, Iowa State University
Martin van Vaals, Market structures and international investment in bio-energy markets,
Rabobank, Netherlands
Robert Flick, The Economics of Bioenergy in Canada: A Summary of Recent Findings,
Agriculture and Agri-Food Canada
Wally Tyner and Maxime Caffe, U.S. and French Biofuels Policies - Possibilities for
the Future, Purdue University
Teresa Malyshev, The outlook for biofuels, International Energy Agency