

“농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략”(2/2차연도) 자료집

주요국의 바이오에너지 개발 및 보급 동향

박 현 태 연구 위원
김 연 중 연구 위원
이 상 민 부연구 위원
한 혜 성 연구 위원
강 창 용 연구 위원
고 재 모 교 수

연구 담당

박 현 태	연구위원	연구총괄. 제1장 집필
김 연 중	연구위원	제2장, 제6장 정리
이 상 민	부연구위원	제3장 집필
한 혜 성	초청연구원	제4장, 제5장 정리
강 창 용	연구위원	“미국의 농업용 바이오매스 이용과 경제성” 원고작성
고 재 모	교 수	“중국의 바이오에너지 활용 현황과 시사점” 원고작성

머 리 말

2000년대 들어 고유가가 지속되고 온실가스 저감의 필요성 때문에 미국, 브라질, EU를 중심으로 바이오에탄올, 바이오디젤 등 바이오연료의 생산과 보급이 활발하게 전개되고 있다. 우리나라는 바이오에탄올의 경우 검토 단계에 있고, 바이오디젤은 시범사업을 거쳐 보급 중에 있다.

바이오연료는 재생가능하면서 기존의 화석연료 시스템에 큰 변화 없이 대체 연료로 사용할 수 있다는 점에서 주목받고 있다. 그러나 생산비용이 높아 경제성 면에서는 아직 화석연료에 미치지 못하고 있다. 때문에 바이오에너지 선진국들은 사회적 편익을 고려하여 보조금, 세금혜택, 의무구입제도 등 정책적 인센티브를 통해 바이오연료의 보급을 확대하고 있다. 바이오에너지 개발의 후진국인 우리나라가 보다 효과적이고 전략적으로 바이오에너지를 개발하기 위해서는 바이오에너지 선진국들의 개발 및 보급 동향과 제도 등을 검토할 필요가 있다.

이 자료집은 2006년부터 2007년까지 2년간 기본과제로 추진한 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략」 연구의 부산물이다. 미국과 중국 관련 자료는 위탁한 원고를 정리한 것이고, 남미와 EU 관련 자료는 외교통상부의 보고서와 EU 통계 등을 참고하여 정리하였다. 중국 원고를 작성한 협성대학교 고재모 교수, 미국 원고를 작성한 한국농촌경제연구원 강창용 박사, 남미 자료를 제공한 외교통상부 남미자원협력센터에 감사드린다.

이 자료집에 소개된 주요 국가의 바이오에너지 개발 동향에 대한 정보가 우리의 바이오에너지 개발 정책 수립에 유효하게 활용되기를 기대한다.

2008. 2

한국농촌경제연구원장 최 정 섭

차 례

제1장 서론

- 1. 연구 배경 1
- 2. 연구목적 2
- 3. 연구범위 및 방법 2

제2장 미국의 바이오에너지 개발과 정책

- 1. 바이오에너지 생산 4
- 2. 바이오에너지 이용의 경제성 8
- 3. 바이오에너지 이용 목표 및 정책 16
- 4. 시사점 27

제3장 EU의 바이오에너지 개발 동향

- 1. 바이오에너지 생산 30
- 2. 고체바이오매스 생산 36
- 3. 바이오연료 39
- 4. 바이오가스 42
- 5. 바이오에너지 활성화 정책 46
- 6. 시사점 54

제4장 브라질의 바이오에너지 개발 동향

- 1. 바이오에탄올 56
- 2. 바이오디젤 69
- 3. 시사점 82

제5장 아르헨티나의 바이오에너지 개발 동향

1. 바이오에탄올	85
2. 바이오디젤	94
3. 시사점	104

제6장 중국의 바이오에너지 개발 동향과 전망

1. 바이오에너지 수급 현황	106
2. 바이오에너지 활용 및 개발 정책	115
3. 바이오에너지 이용 효과 및 전망	122
4. 시사점	135

참고문헌	141
-------------------	-----

표 차 례

제2장

표 2- 1. 미국의 주별 바이오에탄올 생산 가능량	5
표 2- 2. 미국 내 에탄올 생산공장 수	6
표 2- 3. 미국 내 바이오디젤의 소비	7
표 2- 4. 에탄올 혼합유 주행거리 실험결과	9
표 2- 5. 20달러 연류주입 후 주행거리	10
표 2- 6. 에탄올 설비의 가동효과(설비용량: 4,000만 gallon/년)	13
표 2- 7. 에탄올 설비의 옥수수 가격인상과 지역 내 수입증대 효과	14
표 2- 8. South Dakota 에탄올 공장의 경제 파급효과: 2004	16
표 2- 9. 미국 내 MTBE 사용 금지 주(州)	23

제3장

표 3- 1. EU의 1차 에너지 생산량	31
표 3- 2. EU25의 재생에너지 생산량	31
표 3- 3. 주요 회원국의 재생에너지 생산 추이	32
표 3- 4. 독일의 재생에너지원별 에너지 생산량	32
표 3- 5. 프랑스의 재생에너지원별 에너지 생산량	33
표 3- 6. 스웨덴의 재생에너지원별 에너지 생산량	34
표 3- 7. 핀란드의 재생에너지원별 에너지 생산량	35
표 3- 8. 영국의 재생에너지원별 에너지 생산량	35
표 3- 9. EU 회원국별 고체바이오매스 에너지 생산량	36
표 3-10. 고체바이오매스별 에너지 생산량	37
표 3-11. 연도별 EU 바이오연료 생산 추이	39
표 3-12. EU 회원국의 바이오디젤 생산 현황	41

표 3-13.	EU 회원국의 바이오디젤 생산 능력	41
표 3-14.	EU 회원국의 바이오에탄올 생산 현황	42
표 3-15.	EU 회원국의 원료별 바이오가스 생산 현황	43

제4장

표 4- 1.	브라질 에탄올 생산 현황 및 2010년 목표	57
표 4- 2.	1천 ℓ 에탄올 생산 비교(2007)	58
표 4- 3.	에탄올로 전환이 가능한 물질의 성분 비교	60
표 4- 4.	에탄올 생산 비용 비교(2004)	61
표 4- 5.	에탄올과 타 에너지와 가격 비교(2004)	61
표 4- 6.	에탄올 생산 에너지 비교	61
표 4- 7.	브라질 사탕수수 생산성	62
표 4- 8.	브라질의 사탕수수 경작면적	63
표 4- 9.	현재 바이오에너지 금융라인	67
표 4-10.	2010년 에탄올 수요 예상	68
표 4-11.	2010년 국가별 에탄올 수요 및 공급 예상	68
표 4-12.	브라질의 바이오디젤 생산능력	69
표 4-13.	브라질 바이오디젤 정제소	70
표 4-14.	정제소 비용 비교	70
표 4-15.	식물유 추출비용 비교	71
표 4-16.	브라질 부산물 수요 현황	71
표 4-17.	아주까리 생산비	73
표 4-18.	브라질 오일 팜 생산 및 경작 면적	74
표 4-19.	브라질 유지작물의 특성	74
표 4-20.	브라질 해바라기 생산 현황	77
표 4-21.	해바라기 경작 수익	77
표 4-22.	해바라기 생산비용(2005년)	78
표 4-23.	브라질 바이오디젤 시장	81

표 4-24. 바이오디젤 수요 전망	81
---------------------------	----

제5장

표 5- 1. 휘발유와 바이오에탄올 가격 비교	86
표 5- 2. 아르헨티나 사탕수수 재배면적 및 생산량 변동률	87
표 5- 3. 아르헨티나 연도별 옥수수 생산현황	87
표 5- 4. 옥수수 재배면적 및 생산량 변동현황	88
표 5- 5. 주요 국가별 옥수수 수출현황	88
표 5- 6. 아르헨티나 연도별 수수 생산현황	89
표 5- 7. 수수 재배면적 및 생산량 변동현황	89
표 5- 8. 주요 국가별 수수 수출현황	90
표 5- 9. 밀 재배면적 및 생산량 변동현황	91
표 5-10. 주요 국가별 밀 수출현황	91
표 5-11. 2010년 바이오에탄올 의무혼합에 필요한 원료 비교	93
표 5-12. 작물별 ha당 얻을 수 있는 바이오디젤 생산량	95
표 5-13. 대두 재배면적 및 생산량 변동현황	96
표 5-14. 주요 국가별 대두 생산현황	97
표 5-15. 주요 국가별 대두 수출현황	97
표 5-16. 해바라기 재배면적 및 생산량 증가율	98
표 5-17. 주요 국가별 해바라기 생산현황	98
표 5-18. 주요 국가별 해바라기 수출현황	98
표 5-19. 유채 재배면적 및 생산량 변동현황	100
표 5-20. 잇꽃 재배면적 및 생산량 변동현황	100
표 5-21. 2010년 의무 혼합에 필요한 바이오디젤 원료	104

제6장

표 6- 1. 중국의 연료용 에탄올 생산량	107
표 6- 2. 지역별 연료용 에탄올 생산량(2005년)	108

표 6- 3.	각종 바이오에너지 원료작물의 단위 면적당 에탄올 생산량 비교 ..	109
표 6- 4.	연료용 에탄올 생산을 위한 정부의 보조와 이윤 분석	111
표 6- 5.	중국의 국가별 에탄올 수출입	112
표 6- 6.	유료식물을 이용한 바이오디젤유 생산 시 수지 분석	114
표 6- 7.	바이오매스를 이용한 에너지 시범 프로젝트(1980~2000)	117
표 6- 8.	바이오에너지 생산 관련 구체적 목표	118
표 6- 9.	농업부의 바이오매스 산업 발전 계획	120
표 6-10.	전세계 지역별 이산화탄소 배출량	122
표 6-11.	재생가능에너지 개발센터의 바이오매스 에너지 생산 계획 (1998~2020)	123
표 6-12.	농촌에서 메탄가스를 이용한 바이오에너지 사용의 효과	124
표 6-13.	향후 중국 농촌에서 바이오에너지 종합 시스템 보급 전망 ..	125
표 6-14.	세계 주요 곡물가격 동향	127
표 6-15.	세계 주요국의 1차 에너지 소비실태	129
표 6-16.	중국 농촌의 에너지 수요구조 전망	133

<부표>

부표 1.	브라질 알코올 개발 5단계	137
부표 2.	브라질 오일팜 생산비용	138
부표 3.	브라질 오일팜 수익	138
부표 4.	브라질 주요 원료작물에 대한 종합 평가	139
부표 5.	아르헨티나 작물별 바이오디젤 생산 잠재성	140

그림 차례

제2장

- 그림 2-1. 미국의 에탄올 생산추이와 능력 5
 그림 2-2. 재생가능 에너지 수요 전망(RFS established in EPACT) 24

제4장

- 그림 4-1. 브라질 에탄올 생산 추이 57
 그림 4-2. 브라질의 자동차 연료원(2006) 59

제6장

- 그림 6-1. 중국의 농촌 에너지 관리 체계도 121
 그림 6-2. 중국의 돼지고기와 옥수수 가격 추이 128
 그림 6-3. 경제성장과 에너지 소비 추이 131

제 1 장

서 론

1. 연구 배경

- 지구온난화, 대기오염 등 환경문제가 범지구적 이슈가 되면서 바이오에너지의 보급 필요성이 대두되고 상용화가 추진됨.
 - 바이오매스 자원을 이용한 바이오에너지는 재생가능하고 고유가에 따른 대체에너지 확보, 환경개선, 원료 재배농가의 소득 창출이라는 긍정적 효과가 있음.
 - 2000년대 들어 고유가가 지속되고 온실가스 저감의 필요성 때문에 미국, 브라질, EU를 중심으로 자국의 풍부한 부존자원을 활용해 바이오에탄올, 바이오디젤 등 바이오연료의 생산과 보급이 활발히 전개되고 있음.

- 우리나라는 바이오연료 중 바이오에탄올의 경우 검토 단계에 있고, 바이오디젤은 시범사업을 거쳐 보급 중에 있음.
 - 바이오디젤은 2002년 5월부터 4년간 시범사업을 거쳐 2006년 7월부터 전국적으로 보급함으로써 상용화된 상태임.
 - 바이오에탄올은 2006년 실증평가를 실시하고, 2008년부터 도입을 위한 본격적인 검토 작업에 들어갈 계획임.

- 바이오연료는 재생가능하면서 기존의 화석연료 시스템에 큰 변화 없이 대체연료로 사용할 수 있다는 점에서 주목을 받고 있으나 생산비가 비싸 경제적 효율성 면에서는 아직 화석연료에 미치지 못하고 있음. 때문에 바이오에너지 선진국들은 사회적 편익을 고려하여 보조금, 세금혜택, 의무구입제도 등 정책적 인센티브를 통해 바이오연료의 보급을 추진하고 있음.
- 바이오에너지 개발의 후진국인 우리나라가 보다 효과적이고 전략적으로 바이오에너지를 개발하기 위해서는 바이오에너지 선진국들의 개발 및 보급 동향을 검토할 필요가 있음.

2. 연구목적

- 바이오에너지 선진국의 바이오에너지 개발 및 보급동향 파악
- 주요 국가의 바이오에너지 개발 및 이용 과정에서 시사점 도출

3. 연구범위 및 방법

3.1. 연구범위

- 연구대상 바이오에너지: 바이오디젤, 바이오에탄올 중심
- 연구대상 국가: 미국, EU, 남미(브라질, 아르헨티나), 중국

3.2. 연구방법

- 2007년에 수행한 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략(2/2차연도)」 과제의 연구 수행과정에서 수집한 자료를 활용함. 특히 남미 관련 자료는 외교통상부에서 2007년 10월에 발행한 「브라질 바이오에너지 정책 및 개발 생산동향」과 2007년 5월에 발행한 「아르헨티나의 바이오에너지 정책과 개발 및 생산동향」 보고서 내용을 정리하였음.

- 미국 자료는 상기 기본과제 추진시 한국농촌경제연구원 강창용 박사에게 위탁한 원고 “미국의 농업용 바이오매스 이용과 경제성”에서, 중국에 대한 자료는 협성대학교 고재모 교수에게 위탁한 원고 “중국의 바이오에너지 활용 현황과 시사점”에서 발췌하여 정리하였음.

제 2 장

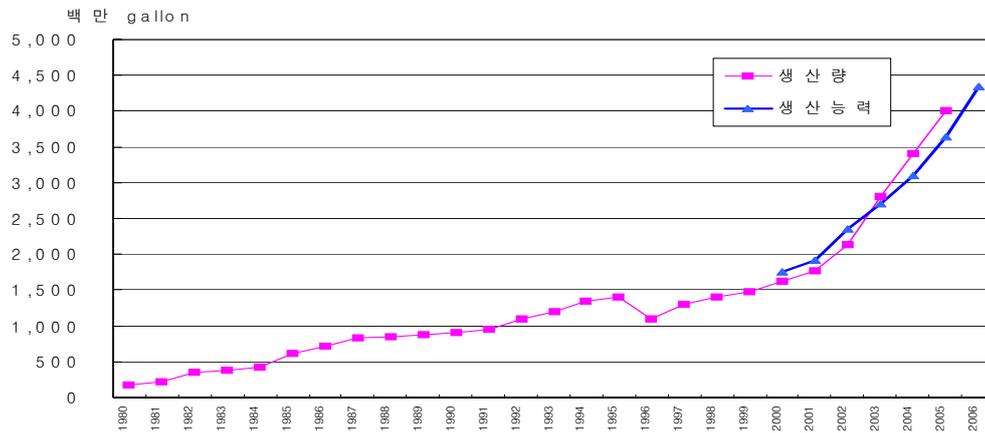
미국의 바이오에너지 개발과 정책

1. 바이오에너지 생산

1.1. 바이오에탄올 생산

- 대부분의 곡물은 에탄올을 생산하는 데 사용할 수 있음. 즉 시장적인 조건과 기술적인 조건이 충족될 경우 식용에서 에탄올 생산으로 용도가 전환될 수 있다는 뜻임. 미국 내에서는 옥수수를 이용한 연료 에탄올 생산이 매우 빠르게 성장하고 있고, 생산된 대부분의 에탄올은 수송용 연료로 이용됨.
- 1990년 이후 에탄올 생산의 추이를 살펴보면, 1991년에 10억 갤런을 기록한 이후 생산량은 이후 급속한 증가추세에 있음. 2000년대에 들어서면서 에탄올생산의 증가속도가 더욱 빨라지고 있음. 2000~2005년 총 에탄올 생산량이 16억 갤런에서 40억 갤런으로 무려 2.5배 증가한 사실이 이를 반증하고 있음.

그림 2-1. 미국의 에탄올 생산추이와 능력



자료: U.S. Energy Information Administration/Renewable Fuels Association

표 2-1. 미국의 주별 바이오에탄올 생산 가능량

단위: 백만gallon

주	가동 중	확장	건설 중	합계
아이오아	1,134.5	95	470	1,699.5
네브라스카	543	14.5	491	1,048.5
일리노이	780	57	50	887
남 다코다	475	18	110	603
미네소타	495.6	8	90	593.6
인디애나	102	0	180	282
위스콘신	188	0	40	228
캔사스	172.5	0	40	212.5
미시간	50	0	157	207
미주리	110	0	45	155
콜로라도	43.5	1.5	40	85
북 다코다	33.5	0	50	83.5
캘리포니아	33	0	35	68
테네시	67	0	0	67
켄터키	26.4	9	0	35.4
뉴멕시코	30	0	0	30
텍사스	0	0	30	30
와이오밍	5	0	0	5
오하이오	3	0	0	3
조지아	0.4	0	0	0.4
합계	4,292.4	203	1,828	6,323.4

자료: Renewable Fuels Association

- 에탄올의 생산과 함께 미국 내 에탄올의 생산능력도 비약적으로 증가하고 있음. 2000년 약 17.5억 갤런이던 에탄올 생산능력이 2006년에는 이보다 약 2.5배가 증가한 43.4억 갤런까지 증가하였음. 생산능력의 확장과 신규건설 등이 활발한 최근의 상황을 고려할 경우 적어도 당분간 에탄올 생산능력은 빠르게 향상될 것임. 2006년 1월 현재 확장 혹은 건설 중인 것까지를 합한 미국의 에탄올 생산능력은 63억 갤런을 이미 상회한 것으로 보임.
- 미국 내 에탄올 생산공장이 늘어나는 것과 함께 특징적인 현상은 농민들에 의한 소유 비율이 높다는 점임. 미국 내 에탄올 생산공장의 수는 2006년 1월 현재 95개소로 1990년대 말에 비해 약 2배 정도 늘어난 수치임. 이 에탄올 생산시설 가운데 거의 절반정도인 48.4%가 농민소유임. 한마디로 적어도 지금까지는 바이오매스의 생산과 그것의 가공에 의한 에탄올 생산이 농민들에 의해 주도적으로 이뤄져 왔다는 사실을 알 수 있음.

표 2-2. 미국 내 에탄올 생산공장 수

단위: 개, %

	1999.1	2000.1	2001.1	2002.1	2003.1	2004.1	2005.1	2006.1
전 체	50	54	56	61	68	72	81	95
농민소유	14	18	21	25	28	33	40	46
(농민비중)	28.0	33.3	38.5	41.0	41.1	45.8	49.4	48.4
공장보유주(州)	17	17	18	19	20	19	18	20

자료: RFA, Industry Statistics, <http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#G>

- 에탄올을 생산하는 주(state)의 수도 증가하고 있음. 에탄올 원료가 주로 옥수수이기 때문에 수송에 유리한 콘 벨트(Corn Belt)를 중심으로 하는 지역에서 에탄올 공장이 건설되어 왔음. 그러나 이제는 에탄올 생산에 대한 정책적인 지원 강화와 함께 수요가 빠르게 증가함에 따라 콘 벨트를 벗어나 전 곡물 벨트(Grain Belt)로, 나아가 전 본토로 에탄올 공장의 설립이 확산되고 있음. 미국 내 20개 주에서 40여개 이상의 에탄올 생산 시설을 가동하고 있었으나 이제는 뉴욕, 뉴저지, 펜실바니아, 메리랜드, 북 캐롤라이나와

아리조나 등에서도 에탄올 생산설비를 건설하고 있거나 검토하고 있음.

1.2. 바이오디젤 생산

- 바이오디젤은 동물의 지방과 식물유를 이용하여 만듦. 바이오디젤은 석유디젤을 직접적으로 대체하며, 디젤의 산소첨가제(oxygenate additive(대개 20%: B20¹))로 엔진을 바꾸지 않고도 사용할 수 있음. 세계 제일의 바이오디젤 생산자와 이용자는 EU임. 이들 국가의 주된 바이오디젤의 원료는 유채(rapeseed:canola)임. 반면 제2의 대국인 미국에서는 콩(soybean)과 재활용식당 기름(recycled restaurant grease) 등이 바이오디젤의 주된 원료임.
- 미국 내에서 바이오디젤이 상용화되기 시작한 역사는 길지 않음. 상대적으로 에탄올에 대한 관심이 많았기 때문임. 그럼에도 불구하고 2000년 이후 미국 내 바이오디젤 소비의 증가속도는 괄목할 만함. 2000년 2.0백만 gallon이던 바이오디젤² 소비량이 4년 후인 2004년에는 그것의 15배인 30.0백만 gallon에 이르고 있음. 최근에도 미국 내 바이오디젤의 소비증가 추세는 지속되고 있음.

표 2-3. 미국 내 바이오디젤의 소비

	1999	2000	2001	2002	2003	2004
백만gallons	0.5	2.0	5.0	15.0	25.0	30.0
백만 liters	1.9	7.56	18.9	56.7	94.5	113.4

자료: American Soybean Association

1 B20은 Energy Policy Act 1992에 의해 일정 공제(credit)를 받고 있음.

2 E-Diesel라는 것이 개발되었는데, 이는 디젤과 에탄올을 혼합할 때 응고(저온과 물의 오염시)현상을 방지하는 데 쓰이는 것으로 에탄올(7.7-15%)과 5%의 다른 특수 첨가제를 함유함.

2. 바이오에너지 이용의 경제성

- 바이오매스를 이용한 에너지와 일반제품의 생산을 우리가 기대할 수 있는 경제적인 수혜는 매우 큼. 모든 해당 분야에서 경제적, 비경제적인 이득을 계산하는 것은 거의 불가능함. 기대되는 부분만을 따진다 해도 쉽지 않음. 따라서 여기에서는 거시와 미시를 통틀어서 경제성이 분석된 분야에 대해 가능한 많은 자료를 이용하여 경제성을 정리하였음.
- 아울러 일반제품의 경우 종류가 다양하여 하나하나 다 검토할 수 없고 미국 내에서는 에너지로의 이용하는 데 관심이 있기 때문에 이 부분만을 검토하였음.

2.1. 에탄올: 수송용 연료로의 경제성

- 액체 수송용 연료로서의 에탄올과 바이오디젤에 대한 관심이 미국 내에는 많음. 바이오디젤은 초기 단계이다 보니 자연 바이오디젤보다는 에탄올에 대한 관심과 연구가 대부분임. 에탄올을 수송연료로 사용할 경우 일반 연료에 비해 얼마나 경제적인가가 일반 운전자들의 중요 관심사임. 가장 대표적인 척도는 역시 동일한 량으로 얼마의 거리를 주행할 수 있는가와 일정한 비용을 지불하고 연료를 주입한 후 주행할 경우 어느 연료가 먼 거리를 달릴 수 있는가임. 전자는 기술적인 면이고 후자는 가격을 고려한 경제적인 면임.
- 미국의 에탄올연합(ACE: American Coalition for Ethanol)에서는 이러한 궁금증에 답을 주기 위해, 즉 에탄올을 가솔린에 혼합하여 사용할 경우 수송용 연료로서 어느 정도의 경제성이 있는가를 알아보기 위해, 실제 자동차에

에탄올을 주입한 후에 성능시험과 그것의 경제성을 분석³하였음.

표 2-4. 에탄올 혼합유 주행거리 실험결과

기종	단위:mile/gallon				
	NL	E10	E20	E30	E10AK
Impala 3.4L, 2005 Chevrolet	27.71	27.43	27.41	27.89	29.20
Camry 4cyl 2005 Toyota	31.46	31.46	30.12	28.28	31.55
Taurus 3.0 L 2005 Ford	24.81	23.85	24.64	23.53	24.65
평균	27.99	27.58	27.39	26.57	28.47

주: NL= unleaded gasoline, E10= unleaded with 10% standard ethanol, E10AK=unleaded with 10% ethanol denatured with iso-pentane and bio-diesel

자료: American Coalition for Ethanol, Fuel Economy Study- Comparing Performance and Cost of Various Ethanol Blends and Standard Unleaded Gasoline, 2005, www.ethanol.org.

- 3개 기종의 승용차에 각각의 혼합된 연료를 주입한 후 측정된 gallon 당 주행거리를 보면 E10만을 제외한 모든 에탄올 혼합유의 주행거리가 무연 가솔린에 비해 짧음. E10은 약 1.5%, E20는 2.2% 그리고 E30은 약 5.1%정도 일반 가솔린에 비해 주행거리가 짧아서 주행에 있어서 상대적인 비효율성이 판명되었음. 그러나 E10만은 오히려 일반 가솔린의 주행거리가 1.7% 정도 먼 것으로 나와 기술의 개발을 통한 주행거리의 연장이 가능하다는 단초를 발견할 수 있었음.
- 비용측면에서의 경제성은 어떠한가. 에탄올은 가솔린에 비해 상대적으로 가격이 저렴함. 이는 실질적인 에탄올 혼합유 사용의 경제성 실현에 도움을 줌. 동일한 비용으로 갈 수 있는 거리를 계산한 결과를 보면 이 사실을 확인할 수 있음. 기종에 따라 혼합비율과 일정한 관계를 보이지 않는 경우도 있지만 대체로 에탄올 혼합유의 주행거리가 먼 것으로 나와 있음. 20달러의 연료를 주입한 후의 주행거리는 일반 가솔린의 경우 282마일인데, 혼합유는 이 보다 작게는 4마일에서 멀게는 13마일까지 나오고 있음.

³ American Coalition for Ethanol, Fuel Economy Study- Comparing Performance and Cost of Various Ethanol Blends and Standard Unleaded Gasoline", 2005, www.ethanol.org.

- gallon 당 기술적인 주행거리는 짧지만 상대적인 가격의 저렴성으로 전체 자동차 운행의 경제성은 상대적으로 우월함을 증명하고 있음. 이렇듯 에탄올의 사용은 환경적인 요소와 더불어 경제적인 이득도 사용자에게 제공함.

표 2-5. 20달러 연료주입후 주행거리

기종	단위:mile				
	NL	E10	E20	E30	E10AK
Impala 3.4L, 2005 Chevrolet	280	284	292	305	302
Camry 4cyl 2005 Toyota	317	326	321	297	327
Taurus 3.0 L 2005 Ford	250	247	262	247	255
평균	282	286	292	291	295

주: NL= unleaded gasoline, E10= unleaded with 10% standard ethanol, E10AK=unleaded with 10% ethanol denatured with iso-pentane and bio-diesel

자료: American Coalition for Ethanol, Fuel Economy Study- Comparing Performance and Cost of Various Ethanol Blends and Standard Unleaded Gasoline, 2005, www.ethanol.org.

2.2. 에탄올 생산업체의 수익성

- 에탄올을 생산하는 기업의 수익성이 보장되어야 보다 많은 에탄올의 생산을 기대할 수 있음. 비록 거시적인 차원에서 긍정적인 경제 외적인 효과가 있다고 하더라도 생산공장의 입장에서 에탄올 생산의 경제성이 보장되지 않는 상황이라면 자발적인 생산은 기대하기 어려움. 그런데 미국 내에서는 에탄올을 생산하는 데 상당한 정도의 경영적인 이득을 취하고 있어 기업에 의한 자발적인 생산이 가능함.
- Randall M Stuefen⁴가 인용하여 발표한, 에탄올 공장을 운영하는 경우의 경영결과를 간단한 수치만으로 정리한 결과는 아래와 같음.

⁴ Randall M Stuefen, The Economic Impact of Ethanol Plants in South Dakota, Dec. 27, 2005, 에서 인용함. 원저는 "Presentation Commodity Marketing Approach to Ethanol Risk Management?," Craig Ludtke, Commodity Marketing Co., Albert Lea, Minnesota, Presentation in Omaha, 2005임.

△ 수입

- 에탄올 1.40달러/gallon, BBG(이산화탄소도 압축 판매가능); 75달러/ton

△ 지출

- 옥수수 2.30달러/bushel, 천연가스 7.00달러/mmBtu, 고정과 변동비용 1.15 달러/bushel

△ 순운영 이익⁵(Net Operating Profit W/O Credits)

- 0.34달러/bushel

- 시장의 여건에 따라 경영수익은 변화하기 때문에 일률적으로 말하기는 어렵지만, 위 결과를 기준으로 평균적인 생산규모의 전체적인 외형을 추정해 볼 수는 있음. 에탄올 생산 공장의 경영 순수익은, 연산 4,000만 gallon의 에탄올을 생산하는 규모일 경우, 약 1,500만 bushel의 곡물이 소요되기 때문에, 510만 달러에 이룸. 비록 이로부터 경영이외의 수지와 금융비용, 세금 등이 고려되어야 정확한 경영수지를 알 수 있겠지만, 제시된 결과만으로도 에탄올의 생산과 판매를 통해 적지 않은 경영 수익이 발생하고 있다는 사실은 부인하기 어려움.⁶

5 필자의 의견: 이것은 순수 공장의 운영소득이기 때문에 최종 경영의 순이익을 산출하려면 경영 이외 손익과 금융비용, 세금 등이 고려되어야 할 것으로 생각됨. 자칫 과대평가될 수 있음.

6 <http://www.dtnethanolcenter.com/index.cfm?show=10&mid=32>, 2007-7-13

“Ethanol plant profitability increased nearly 2 1/2 cents per gallon of ethanol produced even with ethanol-plant in South Dakota strengthening 4 cents per bushel over the last week. The net profit estimate at Neeley Biofuels Inc. is 46.9 cents per gallon of ethanol produced. Neeley Biofuels Inc., DTN’s hypothetical ethanol plant based in South Dakota, is used to measure the effects daily changes in commodity prices have on the overall ethanol-plant profitability.”

2.3. 에탄올 생산농민과 지역 파급효과

- 에탄올 생산의 지역적인 효과는 지역 내 농민의 상대적인 경제적인 이득과 지역사회 내 고용, 소득 등의 기여도 창출 내지는 증가 등을 통해서 확인할 수 있음.
- John M. Urbanchuk, Jeff Kapell⁷는 연산 4,000만 gallon 에탄올 생산 설비(미국 평균적인 규모)를 건설비 60백만 달러를 들여 건설, 가동할 경우 에탄올 공장을 신설함으로써 기대할 수 있는 지역경제에 대한 파급효과를 예측하였음. 미국 상무부(USDC: U.S. Department of Commerce), 경제분석국에 의해 추정된 이분위 산업승수(two-digit industry RIMS II)를 이용하여 예측한 거시경제 파급효과는 아래와 같음.
- 먼저 일시적인 설비의 건설로 인한 파급효과로 지역경제 내 최종수요가 142.2백만 달러 추가되고, 새로운 가구소득 46백만 달러가 점진적으로 혹은 일시적으로 생성될 것임. 만들어진 설비를 가동하는 10년 동안 매년 56.1백만 달러(71%는 옥수수 구입 비용)의 에탄올 생산을 위한 지출로부터 직접 고용 41명, 관련분야의 고용까지를 고려하면 694명의 고용이 창출되었음.
- 위와 같은 경제활동의 증가와 고용증진을 통해 연간 19.6백만 달러의 지역사회 내 가구소득이 증가할 것임. 물론 주 내지는 지방정부 조세수입이 연간 1.2백만 달러 증가하는 것은 부수적인 정부의 수입 증가임. 미국의 경우 에탄올 설비의 농민 소유 비율이 높은데, 만약 어느 농민이 에탄올 설비에 2만 달러를 투자한다면 그는 매년 투자수익율 13.3%를 얻을 수 있음.

⁷ John M. Urbanchuk, Jeff Kapell, Ethanol and the local community, June, 2002.

표 2-6. 에탄올 설비의 가동효과(설비용량: 4,000만 gallon/년)

년차	지출	최종수요	소득증진	단위:백만 달러
				고용효과(개)
1	50.2	98.6	17.5	531
2	53.7	105.4	18.7	567
3	54.1	106.2	18.9	572
4	54.7	107.3	19.1	578
5	55.6	109.1	19.4	587
6	56.8	111.4	19.8	599
7	57.6	112.9	20.1	608
8	58.8	115.4	20.5	621
9	59.9	117.5	20.9	632
10	60.0	117.7	20.9	634
평균	56.1	110.2	19.6	-

자료: John M. Urbanchuk, Jeff Kapell, Ethanol and the local community, June, 2002.

- 경제과급효과와 달리 에탄올 공장의 가동은 지역 내 옥수수 수요의 증가를 유발하고 이는 지역 내 옥수수가격의 상승이라는 결과를 가져옴. 평균적으로 볼 때, 4,000만 gallon의 에탄올을 생산하는 데는 약 1,500만 bushel의 곡물⁸이 필요함. 1에이커당 135bushel 정도의 생산성(2000년도 미국전체 기준: 생산 9,968백만 bushels/ 재배면적 74,545천 에이커)일 경우 1호당 400 에이커 기준 시, 약 278호의 옥수수 농가⁹의 생산량이 소요됨.
- 이와 같은 지역 내 추가적인 수요 증가는 매년 일정 수준의 옥수수 가격인상을 유발할 것임. USDA에서는 100백만 bushel의 옥수수를 에탄올 생산에 사용하게 되면 옥수수 가격은 bushel 당 3~5센트 증가할 것으로 예상함. 그러나 에탄올 생산설비가 위치한 해당지역 내에서의 가격상승의 경우, 아무래도 전 미국에서의 가격영향보다 많은 5~10센트의 가격상승이 있을 것으로 추정하고 있음. 이는 다른 면에서 보면, 결국 100에이커마다 추가적으로 1,350달러의 농업수입이 증가한다는 사실을 의미함.

8 conversion unit: 1bushel of corn=2.7gallons of ethanol

9 1bushel 당 옥수수 가격이 2달러일 경우 농가수입(생산량은 약 54,000bushel)은 연간 약 11만 달러임.

표 2-7. 에탄올 설비의 옥수수 가격인상과 지역 내 수입증대 효과

(설비용량:4,000만 gallon/년)

설비	지역	생산능력 (M gpy)	수요 (%)	가격상 승(\$)	해당주생산량 (백만bushel)	해당주추가 가치(천\$)
Golden Triangle	Craig,MO	20	51	0.06	12.3	750
Heartland Corn	Winthrop,MN	35	70	0.05	18.6	950
MCP	Marshall,MN	50	80	0.05	23.1	1,100
WilliamsAurora	Aurora,NE	76	79	0.05	35.6	1,750
High Plains	York, NE	50	53	0.08	35.1	2,800
AGP/chief	Hastings,NE	52	154	0.05	27.5	1,350
MCP	Columbus,NE	100	93	0.10	40.0	4,000

주: 반경10mile 내 옥수수 생산 가운데 에탄올 생산설비에서의 수요량

자료: John M. Urbanchuk, Jeff Kapell, Ethanol and the local community, June, 2002.내 자료를 재편집

- 에탄올 생산을 위해 많은 량의 옥수수와 곡물이 에탄올 공장으로 보내질 경우, 사료의 부족 가능성과 가격의 상승문제가 자연스럽게 제기될 수 있음. 수요를 충분히 충족할 수 있는 양이 적시에 공급되지 않을 경우 그 가능성은 높음. 그러나 주지하다시피 건식에탄올 생산공장에서부터 부산물인 DDG(distillers dried grains)¹⁰가 생산되고, 이것은 옥수수를 대신하여 사료로 이용되기 때문에 사료부족이나 급격한 옥수수 가격의 상승이라는 문제가 발생할 가능성은 그리 크지 않다고 분석자들은 보고 있음.
- John M. Urbanchuk는 최근 신규 설비의 규모가 증가하는 추세를 반영하여, 5,000만 gallon과 1억 gallon의 공장을 기준으로 외형적인 지역 내 경제적인 파급효과를 계측하였음.
- 5,000만 gallon의 설비의 경우 연간 약 4,670만 달러를 지출하는데 이로 인한 파급은 지대함. 먼저 이 설비에서는 연간 18.2백만 bushel의 옥수수를 사용하고, 원료에 대한 지출이 전체의 2/3정도라는 점을 감안할 경우 3,000

10 4,000만 gallon의 에탄올 공장에서 연간 126,000톤의 DDG가 생산됨.

만 달러 이상이 옥수수 구입에 지출됨. 에탄올 생산을 위한 연간 지출은 연쇄적인 파급 효과를 가져와 새로운 총생산이 209.2백만 달러에 이르게 됨. 해당 주 만을 고려할 경우 총생산은 115.0백만 달러이며, 새로운 직업의 발생과 이들에 대한 소득은 각각 836명, 29.7백만 달러임.

- 1억 gallon의 설비의 경우 비록 5,000만 gallon의 2배는 아니지만 그에 버금가는 지역 내 경제적인 파급효과를 가져올 것으로 기대할 수 있음. 연간 약 90백만 달러의 지출은 총생산과 해당 주내의 총생산을 각각 406.2백만 달러, 223.4백만 달러 유발할 것임. 1,573개의 직업과 51.2백만이라는 가계수입의 증가 역시 기대되는 경제적인 효과임.
- Randall M Stuefen¹¹은 South Dakota에 있는 에탄올공장의 지역 내 경제적인 파급효과를 계측하였음. 그는 미국 Dakota 주에서 가동하고 있는 10개의 에탄올 공장(420백만 gallon 설비)의 에탄올 생산이 지역경제에 미치는 효과와 관련된 승수를 IMPLAN¹²을 이용하여 계측하였음. 최종적으로는 이 승수를 이용하여 South Dakota 역내 에탄올 생산의 경제적인 효과를 계측하였음.
- 이 분석에서는 에탄올 생산에 의한 영향과 옥수수가격의 상승에 따른 효과를 분리하였음. 아울러 산업의 추정 승수를 추정하는 과정에서는 옥수수의 생산부분을 반영하지 않은 순수 에탄올 생산만을 고려하였음. 옥수수가격의 변동에 따른 승수효과는 별도로 계산하였음¹³.

11 Randall M Stuefen, The Economic Impact of Ethanol Plants in South Dakota, Dec. 27, 2005

12 미네소타 대학교에 의해 개발된 IO(input-output) 예측모델임.

13 여기에서는 이 부분이 중요하다고 보기 어려워 설명을 생략함. 시나리오별 가격변화의 효과를 알고 싶다면 원본을 참고하길 권장함.

- 2004년 South Dakota 주내 10개 에탄올 공장의 경제적인 파급효과가 아래의 표에 정리되어 있음. South Dakota 주내 에탄올 생산시장의 규모는 연간 675.5백만 달러이며, 이 가운데 301.8백만 달러가 주내에서 공장 가동을 위해 구입한 재화와 용역의 비용이고, 나머지 77.3백만 달러는 고용인들과 투자자에게 지불된 비용임. 주내 유발된 총부가가치의 규모는 255.2백만 달러이며, 약 3,000여명의 고용효과가 있는 것으로 추정되었음.

표 2-8. South Dakota 에탄올 공장의 경제 파급효과: 2004

	총생산	부가가치	고용
직접(direct)	675,500,000	64,375,000	475.9
간접(indirect)	301,839,000	144,827,000	1,756.3
유발(induced)	77,230,000	46,002,000	743.1
합계(total)	1,055,398,000	255,204,000 ¹⁾	2,972.2
정부보조공제시 ²⁾		250,454,000	

주: 간접은 중간산업(inter-industry)부분, 유발은 모든 가구의 소득 증대에 따른 변화를 반영한 부분임. 1) 이 부분은 정부의 보조부분이 포함됨 추정치임. 2) 에탄올 산업에 대한 정부보조, 4.75백만 달러를 공제할 경우 합계치임.

자료: IMPLAN, *Regional input-output impact estimator, 2002 data*(원전), Randall M Stuefen, *The Economic Impact of Ethanol Plants in South Dakota*, Dec. 27, 2005에서 재인용

3. 바이오에너지 이용 목표 및 정책

3.1. 미국정부의 목표

3.1.1. 전기부분¹⁴

- 산업부문의 바이오매스 사용량이 2030년까지 매년 2%정도씩 증가, 2001년

¹⁴ 이하 자료는 Biomass Reserch & Development Technical Advisory Committee, "Vision for Bioenergy and Biobased Products in the United States", 2002에 있는 내용임.

2.7quads, 2010년 3.2 quads, 2030년에는 4.8quads로 증가할 것임. 바이오매스를 이용한 전기의 생산은 매 10년마다 2배로 증가하여 2010년에는 전체의 3%, 2020년에는 전체 전기의 5%를 담당하도록 하는 것이 미국정부의 목표치임.

3.1.2. 수송용 바이오 연료

- 바이오매스를 이용한 수송용 원료의 양도 매년 증가할 것으로 보고 있음. 미국 전체 수송용 원료의 바이오에너지 부담률이 2001년 0.5%(0.147quads)인데, 2010년까지 전체의 4%(1.3quads), 2020년까지는 10%(4.0quads)를 담당토록 한다는 목표임. 그리고 2030년에 가서는 무려 30%의 수송용 원료를 바이오매스에서 얻겠다는 것이 미국정부의 야심찬 목표임.

3.2. 바이오매스 개발 Road-Map

3.2.1. 생산과 공급

- 미국 정부가 지향하는 정부의 바이오매스 개발목표를 달성하기 위해서는 무엇보다 먼저 목표달성에 필요한 바이오매스량을 추산해야 함. 바이오매스원별로 그 생산 가능량과 목표달성을 위한 필요량을 산출하는 것임.그런 다음 생산과 가공 등을 어떻게 할 것인가, 이를 촉진하기 위해서는 어떠한 개발과 지원이 필요한가를 전략적으로 구성해야 함.
- 미국 정부가 세운 이와같은 목표를 달성하기 위한 2030년도 목질섬유소 바이오매스의 양은 연간 10억 dt임. 현재 미국 내에서는 연간 약 20억 dt의 바이오매스가 생산되고 있으며, 목표를 달성하면 생산되는 목질섬유소 바이오매스 량의 절반을 이용해야 함.

- 그런데 전통적인 산림 생산물 산업으로부터 매년 생산되는 산림잔재의 양은 2억 dt 정도임. 가장 비중이 큰 바이오 자원임에는 틀림이 없으나 산림잔재의 비중이 크고 그 양도 많아 지속가능성 면과 경제적인 면을 고려할 경우 의문의 여지가 많다고 미국정부는 보고 있음. 이로 인해 목질섬유소 바이오매스의 중요한 부분은 작물잔재 부분이 담당할 것으로 보고 있음. 이 부분이 미국정부에서 구상하고 있는 바이오매스 이용의 최종목표를 달성하는데 중심이 됨. 따라서 이 부분을 통해 어떻게 바이오매스를 공급하느냐가 미국이 추구하는 목표달성의 관건임.
- 주지하다시피 작물 분야에서 단일작물이 10억 dt의 바이오매스 자원을 모두 담당하는 것은 현실적으로 불가능함. 미국 내에서 가장 생산량이 많은 단일작물은 옥수수이며, 옥수수가 담당할 수 있는 양은 연간 2.8억 dt으로 보고 있음. 무게만을 볼 때 바이오정제 산업의 수요량은 이것의 3.5배를 필요로 함. 따라서 나머지 부족분을 어떻게 확보하느냐가 중요한 관건임. 물론 이 과정에서 생산성 증진과 수집, 이용의 효율성 증진을 위한 관련 기술의 개발은 필연적임.
- 바이오매스의 가격을 어느 수준으로 유지할 것인가가 생산과 이용에 대단히 중요함. 아무리 많은 양의 바이오매스가 생산된다고 하더라도 경제적인 면이 뒷받침되지 않으면 이용에 한계가 있음 미국 정부에서는 바이오매스의 적정한 인도가격을 \$30/dt로 보고 있으며, 이것은 목질섬유소 당분을 기준할 때 \$0.7/lb인데 이 정도가 되어야 전분곡물을 이용하여 당분을 생산하는 것과 경쟁이 가능하다고 여기고 있기 때문임. 현재 바이오공장에 대한 정확한 공급가격이 나와 있지는 않은데, 대체로 \$50-55/dt 정도인 것으로 보고 있음. 생산자에게 지불하는 가격은 \$10/dt 정도이며, 나머지 \$40-45/dt의 비용을 어떻게 \$20/dt까지 줄이느냐가 관건으로 보고 있음. 경제적인 이용의 전제인 바이오매스의 인도가격을 적정 수준으로 유지하기 위한 생산, 가공과 수송, 보관 등의 각 분야에서 비용감소 노력과 연구는 필수적인 바이

오매스 전략이 될 것임.

3.2.2. 로드맵의 기본골격

- 바이오매스의 생산과 수송, 이용의 전 과정을 어떻게 효율적인 시스템으로 가져가느냐가 로드맵의 기본을 이룸. 기능적인 면과 주체적인 면을 동시에 고려하면서 목표달성을 위한 전략이 바로 로드맵임. 미국정부에서 운용하는 바이오매스 로드맵의 기본 골격은 아래와 같음.
 - 단계별 구분과 전략의 세분화: 미국 정부에서 만들어 이용하고 있는 바이오매스 로드맵은 바이오매스의 생산과 최종 이용까지의 과정을 단계별로 구분하여 만들었음. ㉠ 생산, ㉡ 수확과 수집, ㉢ 저장, ㉣ 가공, ㉤ 시스템 통합, ㉥ 수송으로 구분한 다음, 각 분야별로 ① 현재의 기술적 상황, ② 실행목표, ③ 기술적 장벽, ④ R&D 요구, ⑤ R&D 우선순위 등의 순으로 개개의 목표치를 설정 운용하고 있음¹⁵.
 - 농림부와 에너지부의 interface 협력: 바이오매스 로드맵에 따라 제시한 목표를 달성하기 위해서는 정부 내 관련 부처간의 긴밀한 협력이 필요함. 무엇보다 원료를 생산하는 농림부와 이것을 사용하여 에너지(주요 목표가 에너지이기 때문임)부와의 협력이 가장 중요함.
- 연간 10억 dt 의 바이오매스를 생산하는 목표를 달성하기 위해서는 우선 작물과학과 농학이 필요함. 원료의 공급기지인 농업과 이것을 촉진하는 관련 과학의 지원이 기본적으로 필요함. 바이오원료를 환경적으로 농학적으로 그리고 경제적으로 지속가능하도록 만드는 작업은 농림부에서 담당해야 함.

¹⁵ 각 분야별로 앞의 구성요소별로 정리된 것이 로드맵의 본문 전체임. 구체적인 내용은 원문을 참고하길 바람.

- 에너지부는 생산된 바이오매스 원료의 가공과 수송, 이것을 이용한 에너지 생산까지의 인프라와 관련 기술의 개발에 주도적이어야 함. 이러한 에너지부의 적극적인 지원과 정책의 전개만이 관련 산업의 투자를 유인할 수 있음. 아울러 이들이 바이오매스 사업을 통해 수익을 실현할 수 있도록 다양한 분야에서의 정부 지원책도 강구, 시행되어야 함.
- 관련자 간의 상호 신뢰: 바이오매스의 생산자와 이용자 간의 상호 신뢰가 없으면 원료공급과 이용자 간의 격차가 발생됨. 결국 이는 미국정부의 바이오매스 개발 목표치 실현을 불가능하게 만들 것임. 따라서 에너지부와 농림부는 상시적으로 정책을 조율하는 방법을 강구하고 실천해야 함.

3.3. 연방 바이오에너지 정책

- 바이오매스 R&D법 2000(Biomass Research and Development Act of 2000)
 - 주로 이 법에서는 바이오매스 연구의 필요성을 제기하고 있음. 이와 관련된 기술자문위원회(Technical Advisory Committee)와 바이오매스 연구개발국(Biomass R&D Board)의 창설근거가 되기도 함. 농림부와 에너지부 간 R&D의 협력과 조화를 이 법에서는 요청하고 있음. 아울러 바이오매스 발의(Biomass Initiative)의 범위를 정하고 있음.
- 행정지령 13134(Executive Order 13134-Developing and Promoting Biobased Products and Bioenergy)
 - 부제에서 보는 바와 같이, 이것의 목적은 바이오제품과 바이오에너지의 개발과 촉진에 있음. 이것은 1999년 8월 다른 행정비망록과 함께 시행되었음. 클린턴 대통령에 의해 하달된 이 지령은 바이오매스 개발에 중요한 초석을 마련함. 여기에는 바이오이용 제품(biobased product)과 바이오에너지 개발에 필요한 정책을 강구할 것과, 관련 부처간 바이오매스 통합위원회(Interagency Council on Biobased products and Bioenergy) 설치, 바이오매

스 자문위원회(Advisory Committee on Biobased Products and Bioenergy) 설치 등을 포함하고 있음.

□ 농업법(Farm Bill)

- 농업법 2002에는 이전에 포함되지 않았던 바이오매스의 지원책들이 많이 포함되어 있음. Title IX Energy 에는 바이오정제사업의 발전을 위해 바이오이용제품의 구입에 대한 새로운 지원 프로그램과 지원의 설치라는 내용이 있음. 또한 관련 교육, 농가와 농장 지원, 재생가능에너지 구입 시 농촌 소형기업 지원 등 광범위한 지원책 등이 제시되고 있음. 기존의 바이오매스 R&D사업에 2002-2007년 매년 14백만 달러를 지원하고, 아울러 Bioenergy program에 2003-2006년 매년 150백만 달러를 지원하도록 하는 등 구체적인 자금지원 규모까지 명기하고 있음. 이 법에 근거한 주요 지원 프로그램은 아래와 같음.
 - 바이오이용 제품의 연방정부의 우선구입(Federal Procurement of Biobased Products)
 - 바이오정제 발전 보조(Biorefinery development grants)
 - 바이오디젤 교육 프로그램(Biodiesel fuel education programs)
 - 에너지 검사 및 재생가능 에너지 개발 프로그램(Energy audit and renewable energy development program)
 - 재생가능에너지 시스템과 에너지 효율 개선(Renewable Energy Systems and Energy Efficiency Improvement) 등
- 한편 국가 바이오디젤 위원회(NBB: National Biobiesel Board)는 농업법 2007에 바이오디젤에 대한 인센티브 프로그램(Biodiesel Incentive Program) 과 교육프로그램(Biodiesel Fuel Education Program)이 포함할 것을 요구하고 있음¹⁶. 특히 세계 여러 나라에서는 국가적인 지원을 통해 바이오연료가

16 Nat'l Biodiesel Board, NEWS(for immediate release), May 9, 2007

생산되고, 이것들이 미국으로 수출되고 있는 현실을 지적하면서 바이오연료 산업의 안전망 구축을 위해 정부의 적극적인 지원이 필요함을 강조하고 있음.

□ 국가 에너지정책법 1992(National Energy Policy Act of 1992)

- 미국의 국가 에너지 정책의 기본법임. 이 법에 기반하여 재생가능에너지원의 이용을 촉진하기 위한 다양한 분야의 정책수단들이 강구되고 있음. 이 가운데 중요한 몇 가지를 보면 아래와 같음.
 - 재생가능에너지생산인센티브(REPI: Renewable Energy Production Incentive): 이 인센티브 제도하에서 지역공동 혹은 농촌전기회사에 의한 재생가능 전기로 1.5cent/kWh가 주어짐. 기존에 등록된 회사의 경우는 계속 수혜를 받지만 2003년 이후 신규는 중단되었음.
 - 재생가능에너지생산세금 공제(PTC: Renewable Energy Production Tax Credit): 재생가능에너지, 전기를 생산하여 판매하는 자에게 부과되는 생산세금의 일정액, 즉 1.8cent/kWh가 공제로 주어졌는데, 2003. 12 기한이 만료되었음.
 - 대안 연료사용 수송수단의 의무구입(Alternative Fuel Fleet Requirements): 에너지법 1992(EPACT 1992)과 행정지령 13149에서는, 연방국은 경량 운송수단(light-duty vehicles)의 경우 일정 비율 대안 연료사용 수송수단(AFVs: Alternative Fuel Vehicles)을 의무적으로 구입하도록 하고 있음. 광역도시권의 경우 75%를 요구하고 있으며, 명확하게 대안 연료의 혼합비는 규정하지는 않았지만 에탄올의 경우 가솔린과 85:15정도를 기준하고 있음.
 - 대안 연료사용 수송수단의 의무구입 아래 바이오디젤에 대한 공제(Credit for Biodiesel under Alternative Fuel Fleet Requirements): 에너지법 1992(EPACT 1992)에 의한 대안 연료사용 수송수단의 의무구입 대신 중량 운송수단(heavy-duty vehicles)의 경우, B100(바이오 디젤100%) 혹은 B20(바이오디젤 20%+경유 80%)를 사용함(연간 450 gallon B100 = 1대 대안적 연료사용 수송수단)으로써 의무 요구사항에 대응한 것으로 간주하는데

2001년 9월부터 적용되고 있음.

□ 청정공기법(CAA: Clean Air Act- Oxygenated Fuel Requirements)

- 1990년 공기청정법의 개정을 통해 산소첨가 gasoline의 사용을 의무화하고 있음. 수송수단으로 인한 공기오염을 감소시키기 위한 일환이다. 에탄올은 매우 효율적인 산소첨가제이기 때문에 이러한 의무조항은 에탄올의 소비를 증가시킬 것으로 예상하고 있음. 지금까지 산소첨가물로 MTBE를 권장, 사용해 왔는데 환경 위해 가능성으로 사용금지 수가 늘어나고 있으며 대안으로 에탄올의 사용이 권장되고 있음.

- MTBE 사용금지 확산: MTBE(Methyl tert-butyl ether)는 산소첨가물로 다량(1999년 20만 배럴 이상) 사용되어 왔으나 지하수 오염문제가 불거지면서 1999년 이후 캘리포니아를 시작으로 여러 주에서 사용을 금지하기 시작하였음. 2006년 1월 현재 MTBE의 사용을 금지한 주는 이미 25개에 이릅니다. MTBE 사용으로 인한 지하수 오염문제로 추가적으로 많은 주에서 MTBE의 사용금지과 에탄올로의 대체가 추진될 것으로 보임.

표 2-9. 미국 내 MTBE 사용금지 주(州)

	해당하는 주
MTBE 사용금지(25개 주)	아리조나, 캘리포니아, 콜로라도, 코네티컷, 일리노이, 인디애나, 아이오와, 미시간, 미네소타, 네브라스카, 뉴욕, 사우스다코타, 워싱턴, 위스콘신, 메인, 뉴햄프셔, 메사추세츠, 미주리, 캔사스, 몬태나, 켄터키, 오하이오, 노드캘로라이나, 뉴저지, 버몬트
심의 중(5개 주)	미시시피, 펜실베이니아, 메릴랜드, 델라웨어, 로드아일랜드

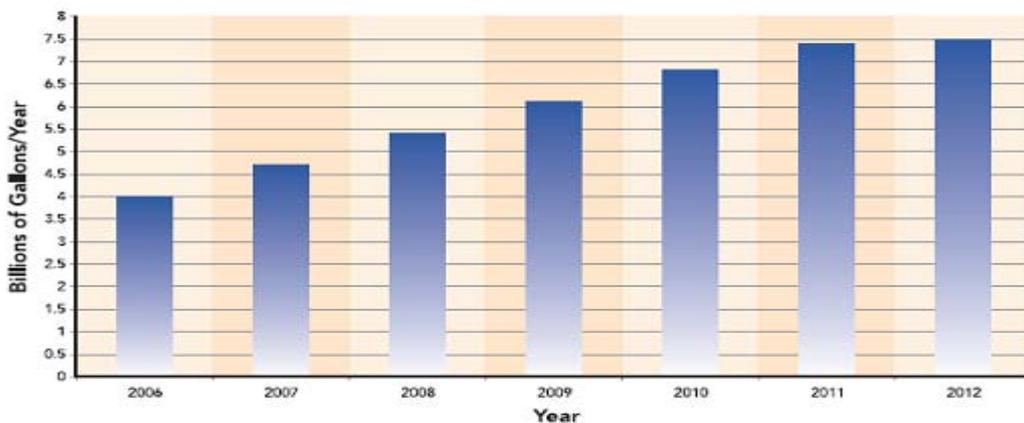
자료: www.ethanol.org

□ 국가 재생가능연료표준(RFS: Renewable Fuels Standard)

- 2005년도 에너지 정책시행법에는 국가 재생가능연료표준(RFS: Renewable Fuels Standard)이 포함되어 있음. 이것은 연방수준에서 가솔린에 10%의 에탄올을 사용토록 규정한 제도임. 이 제도에 의할 경우, 미국 내 에탄올의 수요량이 2006년 40억 배럴에서 2012년 75억 배럴로 증대할 것으로 보고 있

음. 이로 인해 향후 6년 내 에탄올 산업은 두 배 성장¹⁷할 것으로 보고 있음. 가솔린과 오일가격의 상승 등은 재생가능연료표준에 의해 만들어진 에탄올에 대한 베이스라인을 뛰어넘는 증가를 가져올 것으로 예상함.

그림 2-2. 재생가능 에너지 수요 전망(RFS established in EPACT)



자료: http://www.ethanol.org/pdf/contentmgmt/Economic_Impacts_of_Ethanol_Production.pdf

- 연방정부의 강력한 의지와는 별도로 자발적으로 여러 주(州)에서 스스로의 RFS를 규정, 활용하고 있음. 1997년 이후 모든 가솔린에 에탄올과 같은 산소연료를 혼합하도록 규정했던 미네소타에서는 에탄올 혼합비를 20%로 끌어올렸고 2013까지 실행하고 있음(주(州)단위 규제, **Minnesota Model**). 미네소타는 미국 내에서 가장 빠르고 적극적인 에탄올 생산과 이용촉진의 주임.
- 미네소타 모델을 따라 몬타나에서도 E10의무 사용이 2005년 5월 주지사에 의해 인준되었음. 91%옥탄(octane) 가솔린 이외 모든 가솔린은 10%의 에탄올을 함유하도록 하고 있음. 하와이 역시 2004년 가을에 주내 모든 가솔린의 최소 85%는 10%의 에탄올을 함유하도록 규정하였다. 이 규정은 2006년 가을부터 시행됨.

¹⁷ 2007- 4.7billion gallons, 2008-5.4, 2009-6.1, 2010-6.8, 2011-7.4, 2012-7.5인데 2013 이후 더 많은 수요증가가 있을 것으로 보고 있음.

- 알콜 연료에 대한 세금 인센티브(Tax Incentives for Alcohol Fuels)
- 1978년 에너지세법(Energy Tax Act 1978)에 의해 당시 10%알콜 혼합유(gasohol)에 대해 gallon당 연방소비세 4 cent 전액이 감면되면서 시작된 제도임. 2004년 이후 부피기준 에탄올 소비세 공제(VEETC: Volumetric Ethanol Excise Tax Credit)¹⁸에 의해 감면이 이뤄지고 있으며 2010년까지 이어질 전망이다.
 - 부피기준 에탄올 소비세 공제(VEETC): 가솔린의 소비세는 갤런 당 18.3센트인데 에탄올을 혼합하는 경우 이전 시스템 아래에서는 일부 세공제로 13.2 센트만 실제 납부하게 되며 5.2센트가 세공제액임. 그런데 에탄올을 사용하는 주(州)로부터 세공제로 인한 고속도로기금(HTF: Highway Trust Fund)의 수령액 불균형에 대한 불만이 고조¹⁹되었음. 2004년 부피기준 에탄올 소비세 공제(VEETC)가 의회의 인준을 받으면서 이 문제가 해결²⁰됨. 아울러 2010년까지 에탄올을 가솔린과 혼합시 정상적인 세금(18.3센트/갤런)에 대해 갤런 당 \$51센트(E10)의 정상세금 완납 후 환급요청에 의해 지원받을 수 있도록 하였음.
 - 소규모 에탄올생산자 공제(small ethanol producer credit): 소규모 에탄올 생산자에 대한 세금공제는 생산자와의 경쟁에서 살아남도록, 나아가 에탄올 생산을 촉진하기 위해 1990년 의회에서 인준한 내용임. 현재 지원되는 것은 소득세의 경우 갤런 당 10센트 공제하고 있음. 이 공제는 연간 1.5백만 배럴의 생산량(1개소)까지만 적용됨. 2005년 에너지정책법(EPACT)의 통과로 소규모 세금공제 범위가 연간 생산규모 3천만 갤런에서 6천만 갤런으로 확대되었음. 이러한 범위의 확대는 생산설비의 대규모화에 기인한 것임.

18 2005년 10월 미국 고용창출법(American Jobs Creation Acts)의 일부로 통과된 것으로 고속도로기금과의 통합을 통해 에탄올세금을 단순화한 것임.

19 에탄올 사용에 따른 부분에 대한 세금소, 연방정부로부터의 교부금 부족에 대한 불만인데, 이 기금은 각 주 고속도로 건설과 보수, 유지 등에 사용하는 돈임.

20 즉 에탄올에 대한 연방세금 면제를 공제로 바꾸고 불균형 부분의 보전을 위해 일반기금(General Fund)에서 20억 달러를 고속도로기금에 지원하도록 함.

- 에탄올혼합자 세공제(Blender's Tax Credit): 당초 2007년에 폐기될 예정이었는데 적용기간이 2010년까지 연장되었음. 이것은 석유산업 기업에서 그들의 생산 가솔린에 에탄올을 혼합할 경우 gallon 당 51센트의 세금을 감면해 주는 제도임. E10의 경우 gallon 당 5.1센트와 같은 금액임.

□ 바이오디젤에 대한 세제지원(Tax Incentives for Biodiesel)

- 에탄올과 마찬가지로 바이오디젤의 경우에도 세공제가 있음. 신규오일(virgin oil)로 만들어진 biodiesel의 경우 gallon당 1달러의 세공제가, 재생오일(예: 요리사용 유지이용)을 이용한 biodiesel의 경우 0.5달러의 세공제가 있음. 현재 바이오디젤의 비용은 석유디젤(petroleum diesel)에 비해 gallon 당 1달러 정도 비용이 많이 들기 때문에 위와 같은 세금의 지원은 그 경쟁력을 강화하는 데 도움을 줄 것으로 판단됨.

□ 관련제품 구입비 보조(Commodity Credit Corporation Bioenergy Program)

- 바이오 에탄올이나 바이오디젤의 생산을 확대하기 위해 구비하게 되는 새로운 생산설비의 축진을 위해 현금을 지급하는 프로그램임. 생산의 확대를 위해 추가적으로 구입하게 되는 상품의 구입비의 일부를 보전해 주는 제도인데, 2003년의 경우 426백만 gallon의 바이오연료 생산에 135백만 달러가 지불되었음.

□ 수입관세 이중 부과

- 다른 나라와 마찬가지로 미국에서도 수입에탄올에 대해 산물 가치의 2.5%의 종가세(ad valorem tariff)를 부과하고 있음. 그러나 미국의 종가세는 세계 다른 국가들에 비해 낮은 수준임. 따라서 외국산 에탄올에 대한 보조지원(이미 생산국가로부터 받은)으로부터 미국 달러의 보호를 위해 미국은 세금공제(tax credit) 가치부분을 상쇄하기 위해서 수입산 에탄올에 대해 2차 관세(secondary tariff)를 부과하고 있음. 이것은 에탄올의 원산지에 관계없이 미국 내 혼합에탄올 정제업자에 유효함.

- 공공자원규제정책법 1978(Public Utility Regulatory Polices Act of 1978)
- PURPA에서는 전기산업의 재건설과 경쟁력 강화의 내용이 포함되어 있음. 여기에서는 소규모 전력생산설비의 발전을 지원하기 위해 그리고 대안적인 연료와 새로운 기술의 사용을 확대시키기 위해 독립적인 전기생산자로부터의 전기구입을 요구하고 있음. 1980년대 이 제도는 바이오매스를 이용한 전기생산 촉진에 기여하였음. 그러나 전기생산비의 하락으로 인해 그 영향력은 감퇴하였음. 아직도 유효한 부분은 빠른 감가상각(Accelerated Depreciation)을 가능하도록 하고 있는 부분인데, PURPA 에 의해 바이오매스를 이용한 전기생산 시 일부 설비의 감가상각기간을 5년, 단기로 할 수 있다는 것임. 그만큼 비용을 많이 인정해 준다는 뜻임. 여기에 해당 설비는 PURPA에 규정을 따름.

4. 시사점

- 미국의 연간 에너지 생산량(약 70천조 Btu) 가운데 80%가 화석연료임. 다음으로 원자력인데, 전체의 11%수준을 꾸준히 상회하고 있음. 재생가능에너지의 비중은 2006년 현재 거의 10%수준에 이르고 있음. 2006년 재생에너지 생산량은 6.545천조 Btu, 9.2%임.
- 재생가능에너지 가운데 수력의 비중이 1980년대 중반 50% 이상에서 45% 이하로 떨어지고 대신 바이오매스에 의한 에너지의 공급이 45%를 넘어 제1위임. 에너지 소비에서도 재생가능에너지 소비 가운데 바이오매스의 비중은 47%로 가장 큼. 이러한 추세는, 수력발전을 위한 댐의 건설이 거의 없다는 점과 바이오매스의 개발에 박차를 가하고 있다는 두 가지 점을 고려할 경우, 지속될 것으로 예상됨.

- 수송용 연료로 부각되고 있는 에탄올의 생산량은 급속히 증가하고 있음. 1991년 10억 갤런 이후, 2000~2005년 총 에탄올 생산량이 16억 갤런에서 40억 갤런으로 무려 2.5배가 증가함. 생산능력 역시 증가하여 조만간 연간 70억 갤런이 넘을 것으로 보임.
- 미국 내 에탄올 생산공장의 50% 정도가 농민들의 소유로 되어 있음. 공장 역시 농촌지역에 분포하고 있음. 2006년 에탄올 생산공장의 수가 95개소인데 이 가운데 48.4%를 농민들이 소유, 운영하고 있음. 이러한 추세로 보아 원료를 생산하는 농민에 의한 에탄올산업의 수직 계열화가 적어도 당분간은 지속될 것으로 예상됨.
- 미국은 바이오매스에 대해 무관심한 것으로 알려져 있으나 사실은 이와 정반대임. 이미 1990년대 초반부터 이 부분에 대한 검토가 있어왔고 1990년대 말에는 본격적으로 바이오매스 제품과 연료 개발에 관한 정책이 전개되고 있음. 경제성분석은 이미 완료되어 더 이상 분석의 의미가 없는 듯 보임. 전국적인 바이오매스 량의 추정을 위한 모델이 연구기관에 의해 이미 개발, 이용되고 있음. 경제적인 차원에서 이용 가능량 역시 수시로 추정하고 있음. 2003년 개발된 바이오매스의 로드 맵은 미국 정부의 적극적인 바이오매스 개발 의지가 집약된 것임. 아울러 미국정부의 목표치는 2030년 관련 제품의 시장 몫을 30%까지 끌어 올리자는 원대한 것임. 구체적인 이행전략이 구축되었고 오늘도 이의 실행을 위한 각 분야의 노력이 경주되고 있음. 바이오매스의 개발과 이용에 있어 훨씬 앞서고 있는 유럽을 따라잡는 것은 시간 문제가 아닌가 여겨짐.
- 우리의 경우 바이오매스에 대한 인식과 정책개발 의지가 미약함. 일부에서는 농업의 에너지 산업화라는 의미로 왜곡하기도 함. 그러나 역사적으로 볼 때 농업의 중요한 기능 중의 하나는 분명 에너지 생산임. 지금 개발도상국의 경우를 보면 분명한데, 저개발국의 주 에너지원은 바이오매스임. 저개발

국은 화석자원을 사용할 수 없기 때문이지만 선진국에서는 에너지 자립도 제고, 지구 온난화 방지, 경제의 활성화 등을 위해 바이오매스의 개발에 적극적임. 우리나라의 경우 선진국들이 가지는 의의를 바이오매스의 개발과 이용 타당성에 두어야 함. 우리나라도 적극적으로 이 부분에 대해 관심과 노력을 기울여야 함.

- 하루 빨리 이뤄져야 할 과제를 미국의 경우를 들어 정리하면 다음과 같음.
 - 바이오매스 자원량 조사 및 추정 모델 개발
 - 바이오매스 이용의 경제적 파급효과 분석
 - 바이오매스 자원의 생산 가능성 분석
 - 바이오매스 생산시 자원의 경합성 분석
 - 바이오 제품의 시장 전망
 - 바이오매스 개발과 이용 장기 로드맵
 - 바이오매스 개발과 이용정책의 정립
 - 바이오매스 관련 국제적인 동향과 영향, 우리의 대응 등임.

- 이미 유럽에서는 잃어 버렸던 농업의 한 기능인 ‘연료생산(fuels)’을 중시하고 있음. 먹을 것을 생산하는 고유의 기능만을 강조하던 시기에서 이제는 제품과 에너지 생산을 농업부분에서 맡아야 한다는 것임. 이미 이를 위한 정책들이 1990년대 이래 추진되어 오고 있고, 성과 역시 괄목할 만함. 그리고 이러한 추세는 세계적인. 아직 늦지 않았으므로 우리 농업은 이 부분에서 보다 많은 관심을 기울여야 함.

제 3 장

EU의 바이오에너지 개발 동향

1. 바이오에너지 생산

- 유럽연합(EU25)의 원료별 1차 에너지 생산량을 살펴보면 핵에너지의 비중이 가장 높은 것으로 나타남.
 - 석탄, 원유, 천연가스의 비중은 감소하고 있으나 핵과 재생에너지의 비중은 2000년 11%에서 2005년 14%로 증가하였음.
- 2000년~2005년 생산량의 연평균 성장률은 재생에너지가 4%로 가장 높게 나타났음.

표 3-1. EU의 1차 에너지 생산량

단위: 1,000toe

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장률
합계	892,702	894,441	894,284	886,285	882,426	852,022	-0.9
석탄	212,123	210,749	210,277	207,937	201,374	195,132	-1.7
원유	168,691	157,720	160,572	150,541	140,033	127,483	-5.4
천연가스	207,559	208,169	204,288	199,809	202,878	188,021	-2.0
핵	243,761	252,533	255,425	256,886	260,130	257,360	1.1
재생에너지	93,439	97,594	95,723	102,056	108,665	113,248	4.0

자료: Eurostat(2006)

- 재생에너지의 원료별 생산량을 보면, 바이오매스가 2005년 전체 생산량의 약 71%를 차지하여 가장 높은 비중을 나타내었음.
- 수력의 비중이 23%이며 풍력 5.4%, 지열 4.8% 등임.

표 3-2. EU25의 재생에너지 생산량

단위: 1,000toe

	2000	2001	2002	2003	2004	2005
합계	93,439	97,594	95,723	102,056	108,665	113,248
태양에너지	418	482	528	613	691	816
바이오매스 및 쓰레기	62,143	63,240	65,642	71,004	75,292	80,780
지열	3,412	3,622	3,942	5,305	5,464	5,395
수력	30,374	32,046	27,120	26,332	27,830	26,394
풍력	1,913	2,320	3,071	3,815	5,057	6,060

자료: Eurostat(2006)

- 회원국의 재생에너지 생산추이를 살펴보면 2004년까지 프랑스의 생산량이 가장 많았으나, 2005년에는 독일의 생산량이 16.7 Mtoe(Million tons oil equivalent)로 가장 많은 것으로 나타남.
- 2000년 이후 독일의 생산량 연평균 성장률은 11.7%이나 프랑스는 1.6%의 비율로 감소하였음.

표 3-3. 주요 회원국의 재생에너지 생산 추이

단위: 1,000toe. %

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장율
EU25	93,439	97,594	95,723	102,056	108,665	113,248	4.0
독일	9,609	10,428	11,593	12,369	13,973	16,713	11.7
프랑스	18,065	18,936	17,140	17,311	17,282	16,695	-1.6
스웨덴	15,040	14,532	13,418	12,767	13,559	15,365	0.4
핀란드	7,752	7,425	7,729	7,817	8,662	8,072	0.8
영국	2,600	2,516	2,784	2,871	3,153	3,399	5.5

자료: Eurostat(2006)

- 독일의 2005년 원료별 1차 에너지 생산량은 석탄과 핵이 각각 41.9%, 31.2%를 차지하였으며, 재생에너지(재생에너지, 바이오매스, 수력을 포함)의 비중은 12.4%인 것으로 나타남.
- EU 회원국 가운데 재생에너지 생산량이 가장 많은 독일은 2005년 바이오매스를 이용한 에너지 생산이 전체 재생에너지 생산량의 73%를 차지하였음.
 - 풍력을 이용한 에너지 생산이 14%, 수력 에너지가 10%

표 3-4. 독일의 재생에너지원별 에너지 생산량

단위: 1,000toe, %

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장율
합계	9,609	10,428	11,593	12,369	13,973	16,713	11.7
태양에너지	96	150	184	241	269	365	30.6
바이오매스 및 쓰레기	6,830	7,300	7,929	8,719	9,564	12,186	12.3
지열	10	124	128	132	134	138	69.0
수력	1,869	1,955	1,988	1,656	1,812	1,684	-2.1
풍력	804	899	1,363	1,622	2,193	2,341	23.8

자료: Eurostat(2006)

- 프랑스의 1차 에너지 생산량은 2005년 약 135 Mtoe 였는데, 핵에너지가 86.1%, 재생에너지가 12.3%를 차지하였음. 석탄은 에너지 생산을 위해 사용하지 않았던 것으로 나타남.
- 재생에너지 원료별 2005년 에너지 생산량을 보면 바이오매스를 이용한 생산량이 전체의 약 72%를 차지하였으며, 수력에 의한 에너지 생산이 27%를 차지하였음.
 - 그러나 지열과 풍력을 제외한 나머지 원료의 에너지 생산량은 2000년~2005년 사이에 감소했던 것으로 나타남.
 - 따라서 같은 기간 재생에너지 생산량이 연평균 1.6% 정도 감소하였음.

표 3-5. 프랑스의 재생에너지원별 에너지 생산량

단위: 1,000toe, %

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장률
합계	18,065	18,936	17,140	17,311	17,282	16,695	-1.6
태양에너지	26	19	19	18	20	24	-1.6
바이오매스 및 쓰레기	12,087	12,333	11,734	11,997	11,893	11,967	-0.2
지열	124	109	107	129	130	130	0.9
수력	5,822	6,464	5,257	5,133	5,188	4,491	-5.1
풍력	7	11	23	34	51	82	63.6

자료: Eurostat(2006)

- 스웨덴의 에너지 생산원료는 대부분 핵과 재생자원으로 이루어져 있으며, 2005년 이들 원료로부터 생산된 에너지 비율이 각각 54.4%, 44.7%를 차지하였음.
- 재생에너지 자원 가운데 2005년 바이오매스가 차지한 비중이 약 59%, 수력이 차지한 비중이 약 41%였던 것으로 나타났음.
 - 수력에 의한 생산은 2000년~2005년까지 연평균 1.5%씩 감소하였음.

- 지열에 의한 에너지 생산은 없었던 것으로 나타났으며, 태양에너지 생산 역시 매우 적은 비중을 차지하였음.

표 3-6. 스웨덴의 재생에너지원별 에너지 생산량

단위: 1,000toe, %

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장률
합계	15,040	14,532	13,418	12,767	13,559	15,365	0.4
태양에너지	5	6	4	5	5	6	3.7
바이오매스 및 쓰레기	8,238	7,687	7,656	8,100	8,312	9,018	1.8
지열	-	-	-	-	-	-	-
수력	6,757	6,798	5,706	4,604	5,170	6,260	-1.5
풍력	39	41	52	58	73	80	15.5

자료: Eurostat(2006)

- 핀란드의 2005년 원료별 에너지 생산 현황을 보면 재생에너지와 핵에너지가 각각 50%, 37%를 차지하였음.
 - 원유와 천연가스를 이용한 에너지 생산은 없었던 것으로 나타났으나, 석탄 의존도가 13%정도 되는 것으로 나타났음.
- 한편 2005년 재생에너지 원료별 생산비율을 보면 바이오매스가 85%, 수력이 14.7% 정도임.
 - 그러나 수력에 대한 의존도는 점차 줄어들었으며, 풍력에너지 생산이 증가하였던 것으로 나타남.

표 3-7. 핀란드의 재생에너지원별 에너지 생산량

단위: 1,000toe, %

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장율
합계	7,752	7,425	7,729	7,817	8,662	8,072	0.8
태양에너지	1	1	1	1	1	1	-
바이오매스 및 쓰레기	6,484	6,283	6,796	6,984	7,355	6,872	1.2
지열	-	-	-	-	-	-	-
수력	1,261	1,135	927	825	1,296	1,185	-1.2
풍력	7	6	6	8	10	15	16.5

자료: Eurostat(2006)

○ 영국은 앞서 소개한 회원국들과 달리 2005년 원유를 이용한 에너지 생산량이 전체 생산량의 43%, 천연가스가 39% 등 화석연료에 대한 의존도가 매우 높은 것으로 나타남.

- 재생에너지에 대한 의존도는 EU 평균 비중 14%에 훨씬 못 미치는 1.7%에 불과함.

○ 재생에너지 원료별 에너지 생산량은 바이오매스가 가장 높은 비중(79.2%)을 차지함.

표 3-8. 영국의 재생에너지원별 에너지 생산량

단위: 1,000toe, %

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장율
합계	2,600	2,516	2,784	2,871	3,153	3,399	5.5
태양에너지	11	13	16	20	25	30	22.2
바이오매스 및 쓰레기	2,069	2,070	2,247	2,462	2,538	2,691	5.4
지열	1	1	1	1	1	1	-
수력	437	349	412	277	424	427	-0.5
풍력	81	83	108	110	166	250	25.3

자료: Eurostat(2006)

2. 고체바이오매스 생산

- 바이오매스를 이용하여 만드는 연료를 고체바이오매스²¹, 바이오연료, 바이오가스 등으로 구분하여 통계를 집계하고 있음.
- 고체바이오매스 에너지 생산량이 58.7 Mtoe로 2004년 생산량 55.6 Mtoe보다 5.6% 증가한 것으로 나타남.
- 회원국별 생산량을 보면, 프랑스가 가장 많은 9.7 Mtoe를 생산하였으나 2004년에 비해 0.1% 감소하였음.
 - 독일의 생산이 28.2% 증가하여 2005년 회원국 가운데 3번째 많은 생산량을 차지하였음.
 - 반면 핀란드의 생산량은 1년 사이에 10.3%나 감소하였음.

표 3-9. EU 회원국별 고체바이오매스 에너지 생산량

	2004	2005	단위: Mtoe, % 증가율
EU	55.587	58.678	5.6
프랑스	9.678	9.669	-0.1
스웨덴	7.467	7.937	6.3
독일	6.130	7.861	28.2
핀란드	7.364	6.608	-10.3
영국	0.704	0.719	2.1

자료: State of Renewable Energies in Europe: 6th Report (EurObserv'ER, 2006)

²¹ 2006년 보고서, State of Renewable Energies in Europe 6th Report, 에서 '목질계 에너지'의 명칭을 '고체바이오매스(Solid Biomass)'로 변경

- 분류 가능한 회원국들의 고체바이오매스 종류별 에너지 생산량(전체의 64.2%)을 보면, 원목을 이용한 에너지 생산이 전체의 46.1%로 가장 많은 것으로 나타남.
 - 흑액을 이용한 에너지 생산도 8.4 Mtoe로 전체의 약 22%를 차지
 - 원목과 펠릿을 제외한 목질계 폐잔재 에너지 생산량이 전체의 약 21%
 - 짚, 곡물잔류물, 축분 등의 유기물을 이용한 에너지 생산은 9%
- 전체 고체바이오매스 에너지 생산량(37.7 Mtoe) 가운데 91%가 목질계 바이오매스를 이용한 에너지임.
- 국가별 고체바이오매스 이용실태도 뚜렷하게 구분되는데, 목재 및 펄프제지 산업이 발달한 스웨덴이나 핀란드의 경우 원목보다는 폐잔재와 흑액을 주요 원료로 사용하고 있음.

표 3-10. 고체바이오매스별 에너지 생산량

단위: Mtoe, %

	계	원목 (Log)	펠릿	폐잔재 (Wood waste)			유기물 (Organic material)				흑액 (Black Liquor)
				칩	톱밥	기타	짚	곡물 잔류물	축분	기타	
EU	37.681	17.382	0.681	7.854			3.399				8.364
프랑스	9.669	7.419		-	1.135	-	-	0.314	-	-	0.801
스웨덴	7.937	0.768		-	2.547	-	-	1.052	-	-	3.571
핀란드	6.608	1.12	0.022	-	2.305	-	-	0.015	-	-	3.145
영국	0.589	0.204		-	0.081	-	-	0.304	-	-	-

자료: State of Renewable Energies in Europe: 6th Report (EurObserv'ER, 2006)

주: 독일을 포함한 일부 국가자료는 표의 항목별로 분리할 수 없음. 따라서 전체 합계는 EU 25개 회원국 고체바이오매스 에너지 생산량의 64.2%만 포함.

- 핀란드의 고체바이오매스 생산은 목재 관련 산업에 크게 좌우됨.
 - 2005년 고체바이오매스 에너지 생산량이 크게 감소한 것은 종이펄프 산업의 위축으로 인해 흑액과 폐잔재의 생산이 감소하였기 때문임.

- 핀란드는 열병합 발전을 이용한 전기 생산이 EU회원국 가운데 가장 많음.
 - 2005년 고체바이오매스를 이용한 전기생산량 10.2 TWh(Tera Watt hour) 가운데 약 87%를 열병합 발전으로 생산
 - 원인은 화석연료에 대한 이산화탄소세 적용과 목재 에너지 이용에 대한 정부보조 등 목재연료에 대한 우대정책 때문임.

- 스웨덴의 경우 에너지 공급의 20%를 고체바이오매스가 차지
 - 전체 열 소비량의 50%, 전기 공급량의 4%
 - 고체바이오매스를 이용한 전기생산의 전량을 열병합 발전을 통해 만들었으며, 2007년 1월부터 적용되는 green certificates system²² 덕분에 전기생산은 더욱 늘어날 것으로 예상

- 프랑스는 EU회원국 가운데 고체바이오매스 생산량이 가장 많은 국가이며, 생산량의 약 76%는 국내 열공급을 위한 것임.
 - 이를 위해 2005년 난방장치에 대해 40%의 소득세공제를 적용하여 43만 개를 판매(2004년 판매량 대비 23.6% 증가)

- 독일의 2005년 고체바이오매스 생산량은 2004년에 비해 28.2% 증가한 7.9Mtoe에 이르며 2003년에 비해 51.4% 증가
 - 이러한 급격한 증가는 재생에너지에 관한 법률 개정에 기인
 - 바이오매스 형태에 따라 20€/MWh~60€/MWh 보조
 - 혁신기술 적용 여부에 따라 20€/MWh 보조
 - 열병합 발전에 대해 20€/MWh 보조 (고체바이오매스를 이용한 전기생산은 전량 열병합 발전으로 만들어짐.)

22 Renewable electricity with green certificates(Government Bill 2005/06:154). 재생에너지 원료를 이용한 전기 생산 개발을 장려하기 위한 목적으로 시행되고 있으며, 매 MWh당 증명서(certificate)를 받게 됨. 전기 공급자는 매년 판매하거나 사용하는 전기량에 대해 일정수의 증명서를 확보하여야하는데(quota obligation), 부족하거나 초과하는 증명서는 시장에서 거래를 통해 구입하거나 판매할 수 있음. 2002년부터 2016년까지 재생전기 생산량을 17TWh, 2007년~2016년까지 12 TWh 늘린다는 목표를 세움(<http://www.sweden.gov.se>).

3. 바이오연료

- 유럽연합의 바이오연료 산업은 크게 바이오디젤과 바이오에탄올로 구분할 수 있음.
 - 이 밖에 BTL(Biomass to liquid), 바이오수소(Biohydrogen) 등이 있으나 발달이 미미한 상태임.
- 2005년 바이오연료 생산량이 390백만 톤(바이오디젤 318백만 톤, 바이오에탄올 72만 톤)으로 2000년에 비해 312% 증가하였음.
 - 연평균 성장률이 32.8%
- 바이오디젤은 2005년 EU 바이오연료 생산량의 81.5%를 차지
 - EBB(European Biodiesel Board)에 따르면 2005년 생산량이 318만 톤으로 2004년 생산량 보다 125만 톤을 더 많이 생산하여 64.7% 늘어남.
 - 생산의 연평균 성장률은 34.8%로 바이오에탄올 보다 높음.
 - 바이오연료 가운데 바이오디젤이 차지하는 비중도 2000년에 비해 6%포인트 높음.

표 3-11. 연도별 EU 바이오연료 생산 추이

단위: 톤, %

	2000	2001	2002	2003	2004	2005	연평균 성장률
합계	946,690	1,071,135	1,382,586	1,869,494	2,356,154	3,904,927	32.8
바이오디젤	715,100	802,700	1,000,000	1,445,000	1,933,400	3,184,000	34.8
바이오에탄올	231,590	268,435	382,586	424,494	422,754	720,927	25.5
바이오디젤비중	75.5	74.9	72.3	77.3	82.1	81.5	-

자료: State of Renewable Energies in Europe: 6th Report (EurObserv'ER, 2006)

- 주요 회원국의 2005년 바이오디젤 생산 현황을 보면 독일이 167만 톤으로 가장 많이 생산한 것으로 나타났으며, 이 양은 2004년에 비해 61% 증가한 것임.
 - EU 전체 생산량의 52.4%에 해당
 - 이 밖에 프랑스 49만 2천 톤, 이탈리아 39만 6천 톤 생산
 - 영국의 증가율이 가장 높게 나타났음.
 - 스웨덴은 바이오디젤 생산에 크게 의존하지 않고 있는 것으로 나타남. 반면 바이오에탄올 생산이 EU 회원국 가운데 가장 많음.
- 독일 생산량 증가의 원인 가운데 하나는 바이오연료에 대한 세금면제를 보장하는 법률 때문이었던 것으로 생각할 수 있음.
 - 그러나 2006년부터 바이오디젤에 대한 세금을 부과하기 시작
- 프랑스는 2001년 이후 지속적인 바이오디젤 생산량 감소를 나타내었으나 2005년 들어 다시 증가하였음.
 - 바이오연료에 관한 EU 지령(European Directive)의 목표²³를 2008년까지 달성하고, 2010년까지 7%, 2015년까지 10%의 혼합비율 달성을 목표로 한 야심찬 바이오연료 공급계획 마련
 - 바이오디젤과 바이오에탄올에 대한 세금 인하
 - 석유 및 디젤 판매에 대한 지속적인 환경세 인상(2010까지 7% 계획)
- 체코와 폴란드가 새로운 바이오디젤 생산국으로 부상

²³ 2010년까지 바이오연료 사용량을 5.75%까지 늘임.

표 3-12. EU 회원국의 바이오디젤 생산 현황

단위: 천 톤, %

	2004	2005	증가율
EU	1,933.4	3,184	64.7
프랑스	348	492	41.4
스웨덴	1.4	1	-28.6
독일	1,035	1,669	61.3
영국	0.9	51	466.7
이탈리아	320	396	23.8
폴란드	0	100	-
체코	60	133	121.7

자료: State of Renewable Energies in Europe: 6th Report (EurObserv'ER, 2006)

- 2006년 EU의 바이오디젤 생산능력은 6백만 톤으로 전년에 비해 43.5% 증가한 것으로 추정됨.
 - 독일의 생산능력 증가량이 약 77만 8천 톤으로 EU 전체 생산능력 증가의 42.3%를 차지
 - 영국의 생산능력 증가량이 31만 6천 톤으로 전체 증가량의 17.2% 차지하였으며, 프랑스는 13.2%를 차지
- 독일, 영국, 프랑스를 중심으로 바이오디젤 생산을 위한 투자가 집중되고 있는 것을 알 수 있음.

표 3-13. EU 회원국의 바이오디젤 생산 능력

단위: 천 톤, %

	2005	2006	증가량	EU증가량대비 증가량비율
EU	4,228	6,069	1,841	100
프랑스	532	775	243	13.2
스웨덴	12	52	40	2.2
독일	1,903	2,681	778	42.3
영국	129	445	316	17.2
이탈리아	827	857	30	1.6
체코	188	203	15	0.8

자료: State of Renewable Energies in Europe: 6th Report (EurObserv'ER, 2006)

- 바이오에탄올은 바이오연료 가운데 두 번째로 많이 생산되지만 2005년 전체 바이오연료 생산량에 대한 비중은 18.5%에 불과
- EU 회원국의 2005년 바이오에탄올 생산량은 스페인이 가장 많은 24만 톤을 기록하였음.
 - 스웨덴이 13만 톤으로 두 번째로 많은 생산량을 기록
- 생산량 증가율은 핀란드, 독일의 순

표 3-14. EU 회원국의 바이오에탄올 생산 현황

단위: 천 톤, %

	2004	2005	증가율
EU	422.8	720.9	70.8
프랑스	80.9	99.78	23.4
스웨덴	56.5	130.16	130.3
독일	20.0	120	500.0
핀란드	3.8	36.8	876.6
영국			-
이탈리아			-
체코	-	1.12	-
스페인	202.4	240	18.6

자료: State of Renewable Energies in Europe: 6th Report (EurObserv'ER, 2006)

4. 바이오가스

- EU의 바이오가스는 발생원에 따라 매립쓰레기, 산업현장의 오폐수, 가정용 쓰레기와 농산폐기물(액화 분뇨, 수확작물의 폐기물) 바이오가스로 나눌 수 있음.
 - 아래 표의 오수오니는 산업현장 쓰레기, 기타는 가정용 쓰레기 및 농산폐

기물 등에서 발생하는 바이오가스를 가리킴.

- EU의 2005년 바이오가스 생산량은 4,959 ktoe로 전년에 비해 약 16% 증가한 것으로 나타남.
 - 전체 생산량 가운데 매립쓰레기를 이용한 바이오가스 생산량이 64%를 차지하였으며, 가정용쓰레기와 농산폐기물을 이용하여 생산하는 바이오가스는 17.2%에 불과함.
 - 그러나 지난 한 해 동안 가장 높은 생산량 증가율을 보인 발생원은 기타에 포함된 농산폐기물임.

표 3-15. EU 회원국의 원료별 바이오가스 생산 현황

단위: Ktoe

	2004				2005			
	합계	매립쓰레기	오수오니	기타	합계	매립쓰레기	오수오니	기타
EU	4,277.2	2,813.8	922.9	540.5	4,959.1	3,172.7	932.4	854.0
프랑스	207.0	127.0	77.0	3.0	209.0	129.0	77.0	3.0
스웨덴	105.1	35.8	69.3	-	105.1	35.8	69.3	-
독일	1,294.7	573.2	369.8	351.7	1,594.4	573.2	369.8	651.4
핀란드	26.5	16.6	9.9	-	26.5	16.6	9.9	-
영국	1,491.7	1,326.7	165.0	-	1,782.6	1,617.6	165.0	-
덴마크	89.3	13.8	19.8	55.6	92.3	14.3	20.5	57.5

- 원료별로 생산된 바이오가스의 용도가 매우 다양하게 이용되는 것으로 나타났는데, 매립쓰레기를 이용하여 생산한 바이오가스는 대부분 전기 생산에 사용되며, 산업오폐수 바이오가스는 자체 사용을 위한 열생산에 대부분 투입됨.
 - 가정용쓰레기와 농산폐기물을 이용하여 만드는 바이오가스는 전기와 열을 동시에 생산하는 열병합발전을 위해 주로 사용됨.
- 회원국별 2005년 바이오가스 생산 현황을 보면 영국이 가장 많은 1,782.6

Ktoe를 생산하였음(EU 전체 생산량의 35.9%).

- 매립쓰레기를 이용한 전기 생산의 증가에 기인
- 2002년부터 도입한 재생가능에너지 의무구입제도(Renewable Obligation Certificate System: ROC system)²⁴로 인해 전기 공급자는 재생에너지를 이용한 전기생산 비율을 연차별로 증가해야 함에 따라 나타난 결과
- 바이오가스는 이 제도 하에서 가장 대표적인 재생에너지원임.
- 2004년~2005년 사이에 발급된 ROC의 35.9%가 바이오가스에 배당

○ 독일이 EU 전체 생산량의 32.2%인 1,594.4Ktoe를 생산하였는데, 열병합 발전으로 운용되는 소규모 농산물 메탄가스 발생장치가 주를 이루는 것으로 나타났다.

- 2005년 바이오가스 생산량의 증가는 전적으로 기타(농산폐기물)를 이용한 생산량 증가 때문임.
- 2004년 도입된 새로운 재생에너지법은 바이오매스를 이용하여 전기를 생산하는 소규모 시설 운영자들에게 수익성 있는 전기 구매가격을 보장함²⁵.
- 이 밖에 에너지 작물 또는 동물의 배설물을 이용하여 생산할 경우 6~4c€/kWh가 추가
- 열과 전력을 동시(CHP)에 생산할 경우 2c€/kWh 추가
- 혁신적인 기술을 적용할 경우 2c€/kWh 추가
- 이 밖에 70KWe(kilo watt electric) 이하의 시설을 지을 경우 15,000유로의 보조금을 수령할 있음.
- 이상과 같은 독일의 정책은 소규모 농촌지역의 바이오가스 시설 증가에 기여하여 1999년 850개의 생산시설이 2005년 약 2,700개로 늘어나 전기 생산능력이 665MWe에 달함.

24 재생에너지 전기생산량 비율 2002~2003년 3%, 2003~2004년 4.3%, 2004~2005년 4.9%, 2005~2006년 5.5%, 2006~2007년 15.4%

25 생산규모 150kW 이하 시설의 경우 2006년 전기 구매가격은 11.16c€/kWh, 150~500kW 시설 9.6c€/kWh, 500kW~5MW 시설 8.64c€/kWh, 5~20MW 시설 8.15c€/kWh 등임.

- 반면 매립쓰레기 또는 산업 오폐수를 이용할 경우 전기가격은 생산능력 500kW이하 시설의 경우 7.67c€/kWh, 5MW 미만의 시설에 대해서는 6.65c€/kWh 로 구매
- 영국과 독일은 바이오가스 생산형태에 있어 확연한 차이를 보이는데, 영국의 경우 90.7%에 해당하는 양을 매립쓰레기를 이용하여 생산하였으나 독일은 36%에 불과하며, 오히려 농산폐기물을 이용한 생산량이 전체의 약 41%로 가장 많은 비중을 차지하였음.
- 프랑스 바이오가스 잠재 생산능력은 3,250Ktoe나 되지만 2005년 생산량은 잠재능력의 6.4%에 불과한 209Ktoe임.
 - 대부분 매립쓰레기(127Ktoe)와 산업폐기물(77Ktoe)을 이용함.
 - 바이오가스를 이용하여 생산한 전기의 구매가격이 충분히 높지 않아 아직 개발되지 않고 있는 실정임.
 - 그러나 산업부에서 제안한 새로운 구매가격으로 인해 바이오가스 개발 사정은 개선될 것으로 전망
- 스웨덴의 경우 2005년 오수와 오니 등의 산업폐기물을 이용한 바이오가스가 69.3Ktoe로 전체 생산량의 69%를 차지하였으며, 매립쓰레기를 이용하여 35.8Ktoe의 바이오가스를 생산하였음.
 - 스웨덴의 경우 열과 전기 이외에 자동차 바이오가스연료 개발을 시도하여 17.2Ktoe를 생산하였음.
 - 2006년 779대의 버스가 바이오가스를 연료로 사용하였으며, 4,500대의 자동차가 가솔린과 바이오가스 또는 천연가스를 혼합한 연료를 사용하였음.
 - 2005년부터 기차연료로도 일부 사용되고 있음.
- 덴마크 바이오가스는 20개의 통합소화(codigestion)시설과 60개의 농산폐기물 이용시설에서 생산(57.5 Ktoe)되며, 나머지는 매립쓰레기(14.3 Ktoe)와

산업폐기물(20.5 Ktoe)을 이용하여 생산

- 바이오가스로 만드는 전기의 99.3%와 열의 84.6%가 열병합 발전에 의해 만들어짐.

5. 바이오에너지 활성화 정책

5.1. 배경

- 유럽에서는 이미 19세기 말부터 가솔린을 대체할 에탄올 사용이 고려되었음. 프랑스에서는 에너지 해외의존도 하락과 무역수지 적자 완화를 위해 1920년부터 1950년까지 수송용 차량에 에탄올을 사용하였음.
 - 정부의 개입으로 사탕무 에탄올의 대체율은 상당히 높은 편이었음.
- 1960년대 들어 연료 시장에서 에탄올이 자취를 감추었는데, 그 이유는 원유 생산이 늘어나면서 시장에 가솔린을 비롯한 화석연료가 풍부해지고 가격이 저렴해짐에 따라 에탄올이 경쟁력을 상실하였고, 또한 농업 관련 산업과 화학산업의 사탕무 수요증대로 생산 잉여분이 크게 줄어들었기 때문임.
- 1980년대 들어 재생에너지 이용확대를 위한 광범위한 전략의 일부로 바이오연료에 대한 관심이 다시 일어나기 시작했음.
 - 1985년 석유 대체재 이용 확대를 통한 원유절약에 관한 지시서(Directive 85/536/EEC)에서 바이오연료의 역할을 강조
 - 그러나 1990년대 들어서야 각 국가들의 실질적인 정책개발에 힘입어 바이오연료에 대한 생산이 시작됨.
- 가솔린에 대한 바이오에탄올의 대체가 주를 이루던 20세기 초반과 달리

1990년대 들어 바이오디젤에 관심이 집중됨.

- 20세기 초에는 대부분 자동차가 스파크 점화식 엔진을 장착하고 있어 에탄올에 대한 관심이 높았으나, 1990년대 들어 유럽은 가솔린을 수출하는 반면 디젤을 대량 수입하여 무역수지 적자를 나타내고 있었기 때문임.
- 바이오디젤 산업화 초기단계의 정부지원은 주로 원료작물의 생산에 영향을 미치는 농업정책, 기술개발 지출, 세금감면, 보조 등을 통하여 제공되었음.
- 바이오디젤 생산비용에서 원료작물이 차지하는 비중이 매우 높다는 전제하에 공동농업정책을 통한 간접적인 지원이 처음으로 시도되었음.
 - 1992년 공동농업정책 개정으로 수출이 잘되지 않는 곡물과 오일종자 재배지의 15%를 유희화하도록 정하고 보상금을 지급하였음. 그러나 비식용작물인 바이오디젤용 유채기름 생산을 위해 유희지 경작을 승인하고 보상금은 지속적으로 지급하였음.
- EC 차원에서 공표한 바이오연료 지원에 관한 첫 번째 정책은 세금감면에 관한 것으로 **Scrivener Directive** 드래프트(1992)에 나타나 있음. 바이오연료에 대한 혜택이 없을 경우 석유가격에 비해 2~3배 높을 것이라고 가정하며 액체 바이오연료에 대한 연료 판매세 감면을 권고하였음.
 - 이 안은 회원국으로부터 승인을 얻지 못하였지만 추후 제안된 EU의 바이오디젤 정책에 많은 영향을 미쳤으며, 시범사업에 대해 세금을 감면하도록 위원회법에 규정함.
- 프랑스는 승인된 시범공장에서 생산된 바이오연료에 대해 1992년부터 세금을 감면한 첫 번째 국가임.
 - 그러나 세금감면은 비식용 유희지에서 생산된 유채씨, 해바라기씨, 곡물, 감자, 사탕무 등의 특정 원료에 한정하여 적용

- 독일은 기름에 대한 세금을 가솔린·디젤과 같은 광물질을 원료로 한 경우에만 적용한다고 법에 규정하고 있어 바이오디젤은 자연히 면세의 대상이 었음. 따라서 바이오디젤에 대한 면세를 2004년까지 적용
 - 바이오연료에 대해서는 1999년에 재정된 환경세(eco-tax)도 면세함.
- 이태리는 프랑스와 함께 세금감면 대상 바이오연료에 대한 쿼터제를 실시 하였는데, 쿼터는 바이오연료 희망 생산수준에 맞추어졌으며 보조비용을 제 한하기 위해 고안되었음.
 - 1997년 12만 5천 톤의 수송 및 난방용 바이오디젤에 대해 세금감면을 제공
- 집행위원회는 1997년 유럽연합의 에너지정책 목표 달성을 위해 전략 및 행 동 계획에 관한 백서(White Paper)를 발간하였는데, 전체 에너지 소비에 대 한 재생에너지의 비중 목표를 2010년까지 6%에서 12%로 높여 정하였음.
 - 에너지정책 목표는 공급, 경쟁력, 환경보호, 지속가능한 개발 보장 등임.
- 2000년에 발간된 녹색(Green Paper)에서는 2020년까지 화석연료의 20%를 바 이오연료, 천연가스, 수력 등으로 대체할 것을 목표로 정하였으며, 이 내용은 대체에너지에 대한 면세제도 채택을 제안한 2001년 백서에서 다시 강조됨.
- 2003년은 유럽의 바이오연료 정책이 심화되었던 해라고 할 수 있으며, 동시 에 공동농업정책이 개정되어 농업인들에게는 새로운 기회를 제공하게 됨.
 - 2개의 위원회 지시문서를 채택하였는데, 회원국의 바이오연료 개발을 촉진 하는 것을 주요 내용으로 담고 있음.
- 첫 번째 지시서(Directive EC 2003/30, Biofuel directive)에서는 각 회원국이 대체연료 이용을 확대할 것과 바이오연료와 타 대체연료의 최소 시장 점유 율을 정할 것을 요구하였음.
 - 지표자료로 2005년까지 수송용 화석연료 시장의 2%, 2010년까지 5.75%

점유율을 제시

- 그러나 2005년 목표는 달성하지 못하였으며, 2006년 시장점유율이 1.8%에 불과해 2010년 목표도 달성하기 어렵게 여겨짐.
- 바이오연료 생산에 따른 높은 생산비를 보상하고 바이오연료 지시서에서 정한 목표를 달성하기 위해 위원회는 에너지 세금에 관한 지시서(Directive EC2003/96)를 발표함.
 - 바이오연료 생산 및 소비 증가를 위해 위원회의 승인을 획득한 이후 각 회원국이 바이오연료 판매세를 면제하거나 감축할 수 있도록 함.
 - 2007년 7월 현재 16개 회원국이 위원회에 세금제도를 통보하고 국가보조에 대한 승인을 얻었음.
 - 바이오연료 생산의 추가비용에 대한 과도한 보상을 막기 위해 세금감면 정도는 혼합수준에 비례해야하며 원료가격의 변화를 반영해야 한다고 밝히고 있음.
 - 감세 또는 면세 혜택기간을 6년으로 한정하고 있으나 갱신이 가능함.
 - 최근 유럽위원회는 미래의 바이오연료 지원의 특징을 규정할 것으로 예상되는 바이오매스 행동계획(Biomass Action Plan)과 바이오연료 전략(Biofuels Strategy)이라는 두 가지 정책 문건을 발표하였음.
 - 바이오매스 행동계획은 2005년 개최되었던 공청회의 내용을 요약 정리한 것으로 바이오매스 에너지 개발 촉진에 관한 몇 가지 정책을 제안하고 있음. 바이오연료에 관한 내용으로 위원회는
 - 바이오연료 지시서의 개정에 관한 보고서를 2006년까지 제출
 - 회원국이 2세대 바이오연료를 호의적으로 취급하도록 장려
 - 수입 기름을 포함한 다양한 기름을 바이오디젤 생산에 사용하기 위해 바이오디젤 기준 수정안 제시

- 바이오연료 전략은 바이오매스 행동계획을 보완하고 유럽과 개발도상국의 바이오연료 개발 가능성을 조사하며 바이오연료의 대규모 사용을 위한 비용절감 노력을 목적으로 하고 있음. 목적을 달성하기 위해 바이오연료 전략은 7가지 정책 목표를 정하고 있음.
 - 바이오연료 수요 자극 (국가의 바이오연료 이용 목표 및 2세대 바이오연료 개발 촉진 등 포함)
 - 환경적 이익 취득 (온실가스 감축 효과 및 연료작물 재배의 지속가능성 등을 확신할 수 있는 수단 포함)
 - 바이오연료 생산 및 유통 개발
 - 원료공급 확대
 - 무역 확대
 - 바이오연료 개발 가능한 개발도상국 지원
 - 연구개발 지원

5.2. 주요 정책

- 바이오연료 산업 활성화를 위한 정책은 생산에서 소비에 이르기까지 매우 다양한 단계에서 이루어짐.
 - 최종 생산물에 대한 지원
 - 생산단계에 투입되는 중간재에 대한 지원
 - 소비에 대한 지원

5.2.1. 최종 생산물에 대한 지원

가. 시장가격 지지

- 시장가격 지지란 정부의 정책에 의해 발생하는 금전상의 이전을 가리키는 것으로 그 방향은 소비자에서 생산자로 옮겨감. 바이오연료 가격 지지를 위해

EU에서 실행하고 있는 두 가지 대표적인 정책은 관세와 의무 혼합제도임.

- EU의 관세는 수입 바이오연료 종류에 따라 다름. 에탄올의 관세가 상대적으로 높은 편인데, 100리터당 19.2€(undenatured alcohol, 22071000), 10.2€(변성알코올, denatured alcohol, 22072000) 등으로 증가세로 환산하면 각각 63%, 39%에 해당함.
 - 반면 바이오디젤의 관세는 6.5%이며, 바이오디젤을 만드는 데 투입되는 식물성 기름은 0~3.2%의 관세를 부과하고 있음.
- 의무 혼합제도는 지시서(EC 2003/30)에 명시하였는데, 2010년까지 각 회원국은 연료시장의 5.75%를 바이오연료로 대체할 것을 촉구하는 내용임. 그러나 이것은 목표치에 해당하며 법적인 구속력이 없음.
 - 오스트리아와 독일을 포함한 9개 회원국이 의무 혼합비율에 관한 법을 제정하였음.
 - 의무 혼합제와 같이 시장점유율을 명시할 경우 가격상승이 이어지는 것이 일반적인 현상임. 그러나 정부가 판매세 감면과 같은 수단으로 산업을 보조할 경우 가격상승효과는 상쇄되므로 의무 혼합제를 실시하는 대부분의 EU회원국이 이 방법을 적용하고 있음.

나. 판매세 감면(Excise-Tax Exemptions)

- 판매세 감면은 바이오연료의 생산과 소비를 확대하기 위해 EU에서 적용하는 가장 중요한 재정지원 가운데 하나임. EU 회원국의 감면은 에너지 세금에 관한 지시서(EC 2003/96)에 구체적으로 명시되었음.
- 감면을 위해서는 유럽연합위원회에 보고하고 승인을 받아야 함.
 - 세금 감면을 위해 보고한 대부분의 회원국이 승인받았음.
 - 일반적으로 감면혜택은 6년 동안 지속되며 갱신할 수 있음.

다. 생산량 지원(Output payments)

- 에탄올 생산을 위한 지원정책 가운데 하나는 잉여와인을 증류할 경우에 보조하는 것으로 1999년 와인을 위한 공동시장조직(Common Market Organization) 개편으로 소개된 자발적 와인 증류 계획(긴급증류 “crisis distillation”이라고 부름)을 들 수 있음.
 - 이 정책은 유럽 와인의 과잉공급을 방지하여 최소 생산자 가격을 지지하기 위한 것임.
 - 목적은 잉여와인 처리 및 지속적인 포도주 공급보장을 위한 것임.
 - 긴급증류를 통해 생산된 알코올은 새로운 산업에 이용하거나 연료용으로 사용할 수 있음.
- 긴급증류를 위해 100리터당 13€가 증류주 제조업자에게 지원되며, 유통을 위해 11€가 지원됨.
 - 그러나 증류 지원은 2007년 발표될 제안서는 삭제될 것으로 예상
- 이 밖에 새로운 회원국들은 생산량에 대한 지원정책을 적용
 - 체코는 생산량을 기준으로 지원하며, 라트비아는 과거 생산수준 기록을 바탕으로 보조함.

5.2.2. 부가가치 중간재에 대한 지원

- 에너지 작물 생산을 위한 부가가치 중간재란 토지와 자본과 같은 요소를 가리킴. 토지에 대한 지원 방법은 크게 두 가지로 나눌 수 있음. 하나는 유희지를 이용한 비식용작물 생산이며 다른 하나는 에너지작물 생산임.
- 1992년 개정된 공동농업정책에서는 곡물과 기름종자의 지원금을 받기 위해서는 재배면적의 일정비율을 유희지로 지정하는 의무조항을 제시하였음. 그

- 러나 1993년부터 유희지에서 산업용 및 에너지용 비식용작물 재배를 허용함.
- 이러한 유희지를 필수유희지라 하며 그 이상의 재배면적을 유희지로 선정할 경우 일정비율 이상의 초과분을 자발적 유희지라 하는데, 이 면적에 대해서도 일정한 금액을 지원함.
 - 2003년 개정된 공동농업정책의 적용과 함께 필수유희지에 대한 지원은 단일농장지원체계(Single farm payment system)에 포함됨.
- 에너지작물 계획은 2003년 개정된 공동농업정책에 소개되었으며 EU의 광범위한 재생에너지 원료개발 촉진정책의 중요한 부분임. 이 계획은 바이오연료를 포함한 전기 및 열 에너지 원료용 작물을 재배하는 생산자에게 헥타르당 45€를 지원하는 것임.
 - 사탕무를 제외한 모든 에너지 작물을 대상으로 하며 연간 150만 헥타르로 제한하여 지원을 시작하였으나 2006년 회원국의 증가로 대상면적을 200만 헥타르로 확대
- 대부분 EU 회원국은 생산관련 자본에 대해 지원하고 있음. 일반적으로 바이오연료 생산과정에서 발생한 투자비용에 대해 일정 비율을 원조함.

5.2.3. 중간재에 대한 지원

- 바이오연료의 직접생산비에 대한 원료작물의 비중이 50~80%에 달하기 때문에 원료작물에 대한 지원정책은 최종 생산물에 대한 지원효과와 밀접한 관계가 있음. 원료작물에 대한 지원은 두 가지로 나눌 수 있는데 관세 및 생산비에 대한 보조임.
- 바이오연료 생산을 위해 원료작물에 적용하는 관세는 바이오연료의 종류에 따라 다름.
 - 바이오디젤 생산을 위한 기름종자에 대한 관세는 없음.

- 반면 에탄올 생산을 위한 원료작물의 관세는 상대적으로 높는데, 관세할당제가 적용되는 중·저급의 밀에 대해서 저율관세가 톤당 12€인 반면 고율관세는 95€나 됨.
- 바이오연료 원료작물의 경우 전통적인 식용작물에 대한 보조금을 지원받을 뿐만 아니라 에너지 작물에 대한 지원정책의 대상이 되어 2중 지원을 받게 됨. 그러나 2005년 단일농장지원체제로 묶어 지원을 단일화하였음.

5.2.4. 소비에 대한 지원

- 바이오연료 소비에 대한 지원은 유통체계 및 최종 소비 시설인 바이오연료 차량 보급 확대 등 두 가지 문제를 해결하는 데서 출발함.
 - 프랑스와 영국의 경우 바이오연료 주유소 설립에 대해 재정적으로 지원함.
 - 스웨덴의 경우 대규모 주유시설에 대해 바이오연료 주유기 설치를 의무화함.
 - 자유훈연료 사용 차량(Flexible fuel vehicle) 보급 확대를 위해 소비세, 등록비, 통행세 등을 면제

6. 시사점

- 바이오연료의 중요성이 날로 증가하고 있는 가운데 산업의 활성화를 위해 독일, 스페인, 스웨덴 등은 세금혜택 정책을 적용하고 있음. 이러한 정책은 바이오연료 개발에 따라 활로를 모색하고 직업창출의 기회를 이용할 수 있는 농업 대국의 경우 매우 유리한 위치에 있음.
- 그러나 세금수입의 감소를 유발하는 효과가 있어 연료에 대한 세금수입이 큰 비중을 차지하는 경우에는 EU의 목표 달성을 위한 투자를 연기하는 경

우가 발생하게 될 것으로 예상됨. 따라서 상당수의 회원국이 바이오연료에 관한 EU 지시서에서 정하는 5.75%의 혼합비율을 달성하지 못할 것으로 생각됨.

- 한국의 경우에도 농업활로의 이익과 세금감면 등의 비용을 정확하게 고려하여 바이오연료 개발의 타당성을 판단하여야 할 것임.

○ 스웨덴과 핀란드는 다른 EU 회원국들과 달리 바이오디젤보다 2세대 바이오에탄올 생산에 적극적으로 투자

- 이러한 이유는 농업이 발달하기 어려운 자연조건으로 인해 바이오디젤 생산을 위한 원료작물 생산이 용이하지 않기 때문임.
- 반면 목재자원이 풍부하여 펄프공장과 함께 2세대 바이오에탄올 생산시설이 산업클러스터를 이룰 수 있기 때문임.
- 한국도 부족한 자원을 이용한 무리한 개발보다 풍부한 부존자원을 이용하여 환경적으로 국토에 큰 부담을 주지 않는 범위에서 바이오연료를 개발하여야 할 것임.

○ 바이오연료에 대한 정책적 지원은 산업화 정착을 위해 초기 단계에 반드시 필요한 것임. 그러나 시장왜곡을 일으켜 자원의 비효율적 분배를 초래하는 부작용을 동반하게 됨.

- EU의 포도주는 수요에 비해 과잉 생산되고 있는 상황이며, 이러한 잉여분을 줄여 생산자 가격을 보장하기 위해 긴급중유 정책을 적용하여 지원하였음. 그러나 포도주 생산은 줄어들지 않고 국가의 재정 부담만 가중시키는 결과를 초래함.
- 그러므로 산업화를 위한 정부개입을 최소화할 수 있는 범위에서 바이오연료를 개발할 수 있는 방안을 강구하여야 할 것임.

제 4 장

브라질의 바이오에너지 개발 동향²⁶

1. 바이오에탄올

1.1. 생산 및 보급현황

1.1.1. 생산

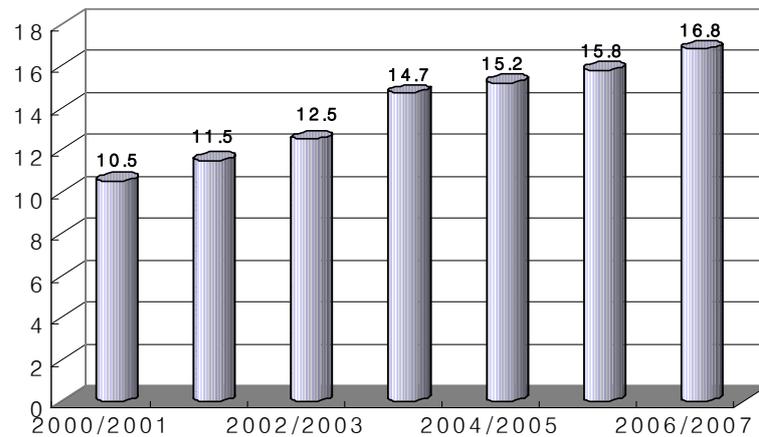
- 브라질은 2006년 169.9억 ℓ의 에탄올을 생산하는 세계 최대의 알콜 생산 국가임. 에탄올 생산은 자율연료 사용 차량(FFV)이 출시된 2004년 이후 급성장함.
- 2005~2006년 에탄올 생산량은 170억 ℓ이며 2005년도 수출량은 26억 ℓ 임.
- 가동 정제소 240개소, 신규 건설 및 기획 정제소는 90~150개²⁷임.
- 한편, 석유가격이 배럴당 35달러를 상회할 때 경쟁력 있음.
- 2007년에 판매된 차량 가운데 FFV 차량 점유율은 약 80%. 현재 약 2백만 대가 운행 중인 것으로 추정

26 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b. 「브라질 바이오에너지 정책 및 개발 생산 동향」. 요약정리

27 2010년까지 신규투자예상액은 100억 달러

그림 4-1. 브라질 에탄올 생산 추이

단위: 억 리터



자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 브라질은 자연적인 혜택에 의해 사탕수수의 생산성이 매우 높아 경작면적 ha당 평균 6,500ℓ~8,000ℓ까지 에탄올 생산이 가능함.
 - 1억ℓ의 에탄올 생산을 위해서는 1.5만ha의 경작지 필요
 - 지역별로는 중부 및 남부의 생산량이 총 생산량의 85%를 차지하고 있으나 최근에는 북부 및 북동부지역의 투자 움직임도 활발한 실정임.

표 4-1. 브라질 에탄올 생산 현황 및 2010년 목표

	2006년	2010년 목표
생 산(억 ℓ)	169.9	240
생산 능력	200	
수 출(억 ℓ)	34	50~60
수출 능력(억 ℓ)	40	80
사탕수수 경작면적(백만ha)	3	5

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 2006~2007년 수확기에는 약 169.9억 ℓ를 생산하였으며 2010년 240억 ℓ 생산을 목표로 투자를 추진하고 있음.
- 사탕수수를 원료로 에탄올 생산 시 원료비가 차지하는 비중은 68.5%로 가장 높았으며 그 다음 산업비용, 운영비 순임.
- 정제소 규모가 작을수록 상기 비용이 증가함.

표 4-2. 1천 ℓ 에탄올 생산 비교(2007)

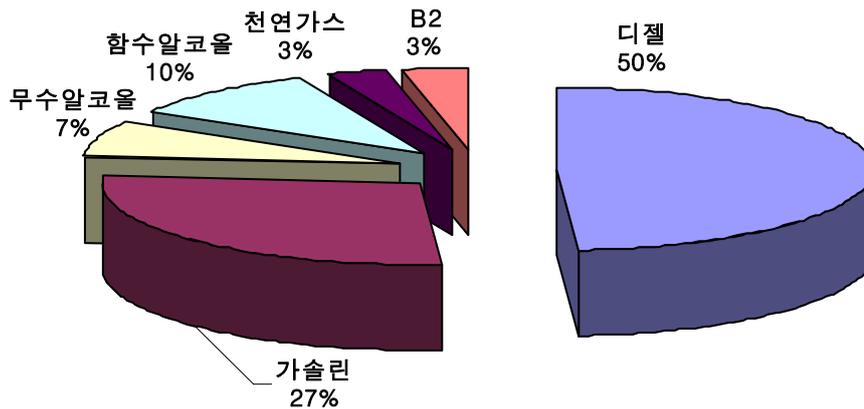
	소요비용(R\$)	점유율(%)
원료(사탕수수)	390.12	68.5
산업비용	132.70	23.3
운영비	46.87	8.2
합 계	569.69	100.0

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 브라질 에탄올 수요는 국내 수요 및 수출로 구분됨. 생산되는 에탄올 169.9억 ℓ 중 135억 ℓ는 국내에서 소비하고 나머지 34억 ℓ는 수출함.
- 브라질 에탄올 수출은 1995년 최고치를 기록한 후 감소하였다가 2002년 이후 지속적으로 증가, 2005년 26억 ℓ, 2006년 34억 ℓ의 수출을 기록함²⁸.
- 국내 소비 135억 ℓ 중 125억 ℓ는 차량용으로 사용하고 나머지 10억 ℓ는 산업용임.

²⁸ 상기 수출량은 현재 총 생산의 20%에 상응하나, 생산능력 증가로 15억 ℓ의 추가 수출이 가능함.

그림 4-2. 브라질의 자동차 연료원(2006)



자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 브라질 운송수단 중 에탄올의 사용 점유율은 17.2%이며 바이오디젤은 3.3%임. 2006년 현재 바이오디젤 포함한 디젤 점유율은 48.9%로 가장 높음.
- 특히 경승용차의 에탄올 사용률은 36.1%임²⁹.
 - 순수가솔린(57.0%), 무수알코올(15.3%), 합수알코올(20.8%) 및 천연가스(6.9%)
- 6~7년내 국내 소비는 FFV차량 증가로 200억ℓ로 늘어날 전망이다.

1.1.2. 에탄올 원료 작물

- 브라질은 사탕수수를, 미국은 옥수수, 유럽은 사탕무를 에탄올 원료 작물로 사용함.

²⁹ 중형차의 경우 디젤 사용량이 94%, 바이오디젤 혼용 디젤 사용률이 6%를 차지

- 사탕수수는 남위 30도와 북위 30도 사이의 지역에서 재배 가능한 작물로 에탄올 전환 가능 작물 중 탄수화물 생산량 및 에탄올 잠재량이 가장 높고 ha당 수확량³⁰도 가장 높기 때문에 경쟁력이 있음.
- 기술개발을 통해 현재 평균 생산량의 2배를 상회하는 ha당 연간 14,000 ℓ 생산을 계획 중임.
- 한편, 사탕수수는 공장에서 생산비용(세금제외)이 R\$ 0.65/ℓ³¹로 생산비가 저렴하여 도입이 용이함.

표 4-3. 에탄올로 전환이 가능한 물질의 성분 비교

원료	탄수화물 함유량(%)	수확량(톤/ha)	탄수화물 생산량(톤/ha)	에탄올 잠재량(m ³ /ha)
츄	28.9	12	3.5	2.5
감자	12	20	2.4	1.6
고구마	26.1	17	4.4	3.2
사탕무	15	15	2.2	1.6
사탕수수	12~17	77	9.2~13	6.0~9.0
토란	26.8	25	6.7	4.8
카사바	38	13.5	6.8	4.9
옥수수	66	3.5	2.3	1.6
수수	67	2.3	1.6	1.1
밀	65	2.3	1.5	1.1

자료: 외교통상부 남미자원협력센터, 2007b

- 원료 생산비용을 비교해 보면 사탕수수를 이용한 에탄올 생산비용이 타 작물을 원료로 이용한 것에 비해 저렴하여 가격 경쟁력이 가장 높은 것으로 나타남.

³⁰ ha당 6,000 ℓ의 에탄올을 생산함.

³¹ R\$: 브라질 헤알라, BRL

표 4-4. 에탄올 생산 비용 비교(2004)

단위: 배럴당 유로

	미국	독일		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, 수리비등	0.61	1.02	1.02	0.48
재료	20.83	27.75	35.10	9.80
타운영비	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	24.83	48.16	52.37	14.48

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

표 4-5. 에탄올과 바이오디젤의 가격 비교(2004)

	배럴당 가격(US\$)
브라질 사탕수수 에탄올	35
말레이시아 오일팜 바이오디젤	55
미국 옥수수 에탄올	65
유럽 유채꽃 바이오디젤	65
유럽 밀 에탄올	90

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 1화석 연료 투입량 대비 생산된 총 재생에너지 수지는 브라질 사탕수수 에탄올이 8~9로 가장 높으며 미국 옥수수 에탄올(1.4~1.6), 독일 바이오디젤(3.0)과 비교시 경쟁력이 있는 것으로 나타남.

표 4-6. 에탄올 생산 에너지 비교

공정	옥수수(GJ/ha/년)	사탕무(GJ/ha/년)	사탕수수(GJ/ha/년)
곡물 생산상 에너지 소비	18.9	17.8	13.9
바이오매스 에너지	149.5	220.2	297.1
농업에너지 비율	7.9	12.3	21.3
에탄올 생산상 에너지 소비	47.9	10.2	3.4
에탄올의 에너지량	67.1	104.4	132.5
총 에너지 수지	1.21	4.43	8.32

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 브라질의 2006년 사탕수수 총 수확량은 4.59억톤으로 ha당 평균 72~74톤을 생산함.
- 최근 기술 및 병해충에 강한 품종 개발로 ha당 사탕수수 생산량이 증가 추세임.
- 전체 사탕수수 생산량의 85%는 중부 및 남부에서 생산되고 나머지 15%가 북부 및 북동부에서 생산됨³².

표 4-7. 브라질 사탕수수 생산성

	사탕수수 면적		사탕수수 생산	생산성
	경작(ha)	수확(ha)	백만 t	t/ha
2001	5.02	4.96	344.28	69.44
2002	5.21	5.10	363.72	71.31
2003	5.38	5.37	389.85	72.58
2004	5.63	5.57	416.26	73.88
2005	5.76	5.62	419.56	72.83
2006	7.04	6.19	457.98	74.05

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 브라질의 농업부 통계자료에 따르면 사탕수수 경작 면적은 704만ha이고 수확면적은 619만ha임(2006년 기준).
- 그 중에서 에탄올 생산을 위한 사탕수수 경작지는 수확면적의 50%에 해당하는 약 3백만ha임.
 - 브라질 총 면적 8.51억ha의 0.35% 차지
 - 브라질 총 경작 면적의 0.8% 해당됨.
 - 즉시 경작 가능 면적 3.83억ha의 1% 미만임.
- 따라서 여타 작물 재배 및 환경을 훼손하지 않고도 사탕수수 재배 확장이 가능함³³.

32 브라질 통계지리청(IBGE) 자료에 따르면 3,504개 도시에서 사탕수수가 생산되며 그 중 300개가 브라질 사탕수수의 80%를 생산함.

33 지역별로 살펴보면 상파울루, 파라나주 등 남동부 지역은 이미 거의 포화상태이고 미나스 제라이스주, 마또그로쭌, 고이아스 지역이 확장 가능함. 최근 또간친 지역이 사탕수수 확대 가능지역으로 거론되면서 인프라 투자가 활발함.

표 4-8. 브라질의 사탕수수 경작면적

	면적(백만ha)	점 유 율
브라질 전체 면적	851	100%
즉시 경작가능 지역	383	45%
확장 가능 지역	91	11%(경작가능지역의 24%)
사탕수수 경작지	5.34	0.62%(총 경작지역의 1.4%)
에탄올 생산용 사탕수수 경작지	3	0.35%(총 경작면적의 0.8%)
B2, B5 디젤 생산용 작물 경작지	1.7~4.0	0.2~0.47%(총 경작면적의 0.4~1%)

자료: 외교통상부 남미자원협력센터, 2007b

- 사탕수수 경작주기는 보통 1.5년이고 방법에 따라 5~10년 수확이 가능함. 경작 토지는 기계농이 가능한 평지에 연간 강우량이 1,200mm이상 필요하나 수확기에는 건조한 기후가 적합함.
 - 사탕수수는 성장기에 수분이 다량 필요하며 건조지대에는 관개시설도 필요함. 따라서 재배지역은 브라질 중서부 및 남동부 지역이 적합함.
 - 대부분의 사탕수수 경작은 기계화 되어 있으며 상파울루주의 경우 2024년부터 기계화를 의무화 할 예정³⁴.

- 생산 규모 및 형태를 살펴보면 사탕수수 경작에 종사하는 가구는 약 6만 가구로 대부분 10~100ha의 경작지를 보유하고 있음.
 - 브라질 통계청의 농업인구조사(1996년)에 따르면, 약 37.7만 명의 경작자가 사탕수수를 재배하고 있음. 그중 경작지 소유주는 88.1%(33.2만 명)이고, 3.7%인 1.4만 명은 임대 경작, 1.23만 명은 협동조합형식 경작주임. 소작농은 1.85만 명임.
 - 10ha 미만의 경작지 소유자는 전체 31%를 차지하고 있으며 10~100ha의 경작지 소유자 비율은 58.3%임. 100~1000ha의 경작지를 10%가 보유하고 있으며 1만ha 이상의 토지 보유자는 약 1백여 명에 불과한 것으로 나타남.

34 토양준비, 비료, 농약사용, 경작 등 대부분이 기계화임.

1.1.3. 에탄올의 상업화

- 가솔린과 에탄올의 혼용은 자동차 연료 분배자 및 정유소만 가능함. 브라질 내 자동차 연료 분배업체는 159개 정도이나 그 중 12~15개의 주요 업체가 시장의 80%를 점유하고 있음.
- 브라질 에너지 및 유통유 유통업자노조에 등록된 연료 유통센터는 총 265 개소로 남동부가 153개소로 가장 많고 북부지역이 7개소로 가장 적은 실정임(2006년 기준).
- 정제소에서 생산된 에탄올은 정유소 또는 분배자에 공급이 가능함.
 - 주요 운송수단은 고속도로를 이용하는 트럭임. 브라질 바이오에너지 수송의 68%가 트럭에 의존하기 때문에 철로, 수로 등 다양한 형태의 운송수단 개발이 필요함.
 - 브라질 내 수송 인프라는 아직 표준화되어 있지 않고 지역의 편차가 큰 편임.
 - 바이오에너지의 운송, 저장 및 분배는 대부분 브라질 석유공사의 두 자회사에 의해 이루어짐.
 - 브라질석유운송공사(Transpetro: Petrobras Transporte S.A): 수송, 보관
 - 브라질석유분배공사(Petrobras Distribuidoras): 분배 및 상업화
 - 브라질 석유공사는 알코올 파이프라인 건설도 계획 중임.

1.2. 정책

1.2.1. 바이오에너지 도입 정책 · 규정

- 브라질은 1970년대 1차 및 2차 석유 위기를 맞으며 수입의 85%를 점유하던 석유의 대외 의존도 감축을 위해 바이오디젤 개발을 포함한 사탕수수를 활

용한 대체에너지 개발에 나섬.

- 브라질 바이오 에너지 도입의 근간은 1975년의 브라질 알코올 프로그램(Proálcool)과 바이오디젤의 도입을 규정한 2004년 국가 바이오디젤 생산 및 사용 프로그램(Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel)임.
 - 브라질 알코올 프로그램(Proálcool)
 - 1975년 실시한 농업에너지 개발의 근간 정책
 - 석유 대체에너지로 사탕수수를 이용한 에탄올 생산을 규정함.
 - 가솔린-에탄올 혼합 유류 사용 도입
 - 가솔린에 무수알코올 20~25% 혼용 의무화
 - 100% 유수 알코올 사용 모토(Otto-cycle) 개발 촉진
 - 유수알코올 사용 차량에 대한 세금 감면
 - ⇒ 브라질 알코올 개발 경험의 5단계³⁵
 - 국가바이오디젤 생산 및 사용 프로그램(Programa Nacional de Produção e Uso de Biodiesel)
 - 바이오디젤 도입 기간 규정³⁶
- 정부는 매년 농업에너지 다개년 정책을 통해 농업에너지 사용 확대 및 개선 추진
 - 2006~2011년 국가 농업에너지 계획 주요 목표
 - 석유 에너지 사용 감축, 바이오에너지 생산 및 소비 확대
 - 환경보호 및 국제시장 개척

35 부표1참조

36 2005~2007년 2% 혼용 허용, 2008~2012년 2% 혼용 의무화(2006년 조기 실시), 2013년 이후 5% 혼용 의무화

1.2.2. 바이오에너지 생산 및 활용 촉진 정책

- 바이오에너지 사용 촉진을 위한 프로그램으로 전력대체에너지 인센티브 프로그램(Proinfa), 농업에너지 인센티브 법령 9,991호 “만인에게 빛을(Luz para Todos), 사회에너지 인증서(Selo de Combustivel Social) 등을 꼽을 수 있음.
- 전력 대체에너지 인센티브프로그램(Proinfa)
 - 사탕수수 및 목재를 원료로 한 바이오전력 개발을 추진하는 등 에너지 분야 다양화가 목적임³⁷.
- 농업에너지 개발 인센티브법(2000년 법령 9,991호)
 - 전력분야 순이익을 농업에너지 개발 R&D 투자³⁸
- 사회에너지 인증서(Selo de Combustivel Social)
 - 소농의 사회참여, 수익증진을 위한 계획임.
 - 소농으로부터 바이오디젤 원료작물 구입시 세제혜택을 부여.

1.2.3. 에탄올 시장 개방 및 경쟁력 보장 조치

- 유수(합수)알코올 및 무수알코올의 생산, 분배, 재판매 모두 자유화
- 공급과 수요에 따른 가격 자율화
- 보조금 폐지³⁹

37 사탕수수 및 목재를 원료로 한 바이오전력 개발 추진, 연간 685MW 생산 목표

38 발전기업: 순이익의 1%, 송전기업: 순이익의 2%, 분배기업: 순이익의 0.5%(2006년부터 0.75%로 증액)

39 1995.11. 독점 완화(헌법 9조 개정), 1996.4. 알코올 및 가솔린 소비자 가격 자유화
1997.5. 무수알코올 생산자 가격 자유화, 1997.8. 동 분야 개방을 위한 잠정기간 확정(석유법), 1999.2. 보조금 삭감 및 유수 알코올 가격 자유화, 1999.11 유수 알코올 경쟁력 강화를 위한 보조금제도 폐지, 2002.2. 생산 및 상업화 과정 전 분야 가격 자유화

1.2.4. 금융지원

- 브라질 알코올프로그램이 성공을 거둔 것은 농촌 경제 개발을 위한 농촌 금융이 존재했기 때문임.
- 2004년 농업금융은 464억 헤알(약 232억 달러)에 달하며 이중 70억 헤알은 기업 농업에, 나머지 70억 헤알은 소농의 활동에 지원함.

표 4-9. 현재 바이오에너지 금융라인

금융종류	프로그램	이자율	재정비용
BNDES (브라질경제사회개발은행)	BNDES Automatico FINEM(사업금융) FINAME(장비금융) FINAME Agricola (농촌장비 금융)		- 장기이자 - 달러화 변동률 - 기본 Spread
브라질 은행 (Banco do Brasil SA)	FCO(중서부 개발금융)	연 6~14%	
북동부 은행 (Banco do Nordeste Brasil SA)	FNE(북동부 개발금융)	연 6~14%	
아마존 은행 (Banco da Amazonia SA)	FNO	연 6~14%	

1.3. 전망 및 상용화 방안

- 세계 석유 소비 증가율은 연간 1.7%이며 아시아의 석유소비 증가율은 3.2%로 석유 소비 증가는 계속될 것으로 전망됨.
- 미국이 2017년까지 20%의 가솔린 소비량을 바이오에너지로 대체하기로 함. 그 양은 2007년 세계 에탄올 생산 예상량 580억ℓ의 2배에 달하는 1,320억ℓ에 상당할 것으로 전문가들은 예상하고 있음.

표 4-10. 2010년 에탄올 수요 예상

		증가 예상량	예상근거
브라질	예상1(농림부)	66.6억	FFV 차량 및 가솔린 판매 증가 기초
	예상2(농림부)	61.2억	FFV 차량 판매 증가
	일본	48.9억	1989-2004(15년간) 평균 소비 증가
	JEBIC	107.5억	FFV 차량이 다수였던 80년대 소비
	은행	19.7억	석유가 하락으로 석유소비 차량 판매 증가시
	종합결과	61.2억	석유가격 변동 및 향후 전망
OECD	미국	340억	2017년까지 가솔린 소비량의 20% 감축
	기타	110억	CO ₂ 배출감소 의무, 대체에너지 수요증가

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

표 4-11. 2010년 국가별 에탄올 수요 및 공급 예상

단위: 10억 ℓ

국가/지역	공급	수요	수지
브라질	26.0	21.5	4.5
미국	24.0	24.5	-0.5
유럽연합	7.2	10.0	-2.8
중국	4.0	4.5	-0.5
기타	7.5	8.2	-0.7
계	68.7	68.7	

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 브라질 내 신규 정제소 설립 움직임이 활발하고 해외 국가들의 브라질과 협력 추진도 증대되는 양상임. 따라서 3~4년내 브라질의 에탄올 생산 및 해외 협력이 더욱 확대될 것으로 전망됨.
- 향후 에탄올 생산기술 개발, 품종개발 등을 위한 연구가 더욱 활발해 질 전망이나 에탄올 생산 붐에 따른 아래 문제들의 해결방안 모색도 절실한 실정임.
 - 토양 유실, 염류 축적, 지하수 오염으로 생산성 감소
 - 잎사귀 소각에 따른 대기 오염, 환경 파괴 발생
 - 일부 지역에는 사탕수수 단일 작물 경작이 78% 수준으로 생물종 감소, 산림감소 등 심각한 환경 문제 발생
 - 잎사귀 소각 금지 및 경작 및 수확의 기계화 의무에 따른 경작자들의 장

비 구입비용 증가로 인한 생산비용 상승문제

- 브라질 남동부에 공급이 집중되어 있으며, 특히 상파울루는 공급 초과인 실정
- 에탄올 가격에 운임이 이전되어 도로 등 인프라 미비지역의 에탄올 가격 상승

2. 바이오디젤

2.1. 생산 및 보급현황

2.1.1. 생산

- 브라질 에너지청(ANP: Agenci Nacional de Petroleo)이 집계한 통계에 따르면 2007년 현재 브라질의 1일 바이오디젤 생산량은 4.843m³이며 연간 생산 능력은 약 13.13억 ℓ 수준임.

표 4-12. 브라질 바이오디젤 생산능력

	생산능력(백만 ℓ/년)
사회 에너지 인증서 보유	506
승인 단계	807
총 계	1,313

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 전체 바이오디젤 정제소는 24개소이며 건설 중인 정제소는 22개, 시험정제소 14개, 허가신청 중인 정제소 38개소로 총 106개의 정제소가 운영되거나 건설 중에 있으며 최근에도 계속 증가하는 추세임.

표 4-13. 브라질 바이오디젤 정제소

종 류	정제소 수	연간 생산능력(백만 ℓ)
생산중	24	1,333.60
건설중	22	1,137
실험소	14	13.80
신프로젝트	38	2,566.70
합 계	106	4,878.108

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

○ 바이오디젤 정제소 설립비용

- 바이오디젤 생산비용은 원자재 가격이외에도 식물유 추출 및 부산물의 가격에 따라 큰 영향을 받음. 따라서 부산물인 글리세린 공정 및 상업화가 바이오디젤 생산비용의 절감에 영향을 미침.
- 소규모 바이오디젤 정제소의 경우 글리세린 처리시설을 함께 설치하는 것이 경제적이지 못하지만 대규모 바이오디젤 공장은 글리세린 처리시설을 동시에 설치하는 것에 큰 차이가 없음. 따라서 대형 공장은 이를 동시에 설치하는 것이 생산비용을 줄이는 방법임.
- 식물유 추출은 용해제를 사용한 방법이 압착에 의한 방법보다 비용이 저렴함.

표 4-14. 정제소 비용 비교

설치형태	연간 능력 (백만 리터/년)	투자 비용 (백만US\$)	단위 비용 (천US\$/백만 리터)
콩 바이오디젤 독립시설(미국)	49.20	18.8	381
식물성기름 바이오디젤 독립시설(유럽)	62.45	37.6	602
유채 바이오디젤 독립시설(스페인)	66.00	32.88	498
콩 압착장치와 바이오디젤 결합된 수직시설(유럽연합)	49.20	35.0	711
아주까리, 콩, 해바라기, 기름야자 바이오디젤 독립시설(브라질)	68.45	15.00	219
아주까리, 콩, 해바라기, 기름야자, 바이오디젤 독립시설(연구결과)	60.00	12.90	215

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

표 4-15. 식물유 추출비용 비교

	대두	해바라기	아주까리		땅콩
			소농으로부터 구매	시장구매	
용해제	777.30	729.50	871.00	1,434.51	1,078.95
압착	884.95	827.40	1,016.87	1,687.00	1,183.78

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

○ 부산물

- 글리세린은 바이오디젤 생산 공정에서 추출되는 주요 부산물임.
- 글리세린은 약 10%의 유지를 함유함.
- 글리세린의 사용용도는 표 4-16과 같음⁴⁰.

표 4-16. 브라질 부산물 수요 현황

생산품	수요(%)
제약/치약	24
화장품	19
식품/음료수	17
담배	14
폴리에스터	10
혼합용	8
레이진	6
셀로판	2

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

○ 바이오디젤 수요

- 브라질의 디젤은 1970년대부터 1990년대까지는 생산량과 소비량이 균형을 이루었으나 1990년대 들어 급격히 소비가 증가하기 시작함.
- 디젤소비량은 2003년 380억 ℓ, 2004년 410억 ℓ, 2005년 420.6억 ℓ, 2006년에는 429.8억 ℓ로 꾸준히 증가하고 있음.

40 글리세린의 주요 소비국은(2001년 기준) 미국(28%), 서유럽(26%), 아시아 및 일본(9%), 중남미(5%) 및 기타(5%)임.

○ 바이오디젤 상업화

- 바이오디젤은 디젤 판매 경로를 통해 상업화될 것으로 보임.
- 에탄올과 마찬가지로 분배자만이 혼용 가능함.
- 현재 바이오디젤 상업화는 다음의 2단계를 거침.
 - 사회에너지인증보유 바이오디젤 생산자가 생산한 바이오디젤은 공매를 거쳐 석유청이 구입
 - 일반 바이오디젤 생산자가 생산한 바이오디젤은 직접 판매
 - 혼합은 분배자와 정유사만이 가능함.

2.1.2. 브라질 바이오디젤 원료작물

- 브라질에는 약 90종의 바이오디젤 생산이 가능한 원료 작물이 있음. 유지함 유량, 재배경험 등을 고려할 때 브라질 농업협력청은 오일팜, 아주까리, 해바라기, 유채를 바이오디젤 생산에 적합한 작물로 평가하고 있음⁴¹.
- 이 중에서 오일팜유를 원료작물로 한 상품이 비중있게 고려됨⁴².

① 아주까리

- 아주까리는 경작주기가 240일로 경작이 쉽고 가격이 저렴하며 한발에 내성이 아주 강하여 척박한 토지에 경작이 가능한 대표 유지 작물임.
- 브라질에서 아주까리 경작지역은 현재 약 16만ha로 추정됨.
- 최대 생산지는 바이아주로서 국내 수확의 92%를 점유함⁴³.

41 그 밖의 작물로 고려되는 참깨는 세계적으로 수요가 높아 디젤 사용에 부적합하며, 아보가드는 화장품 생산 수요에 전량 소요되며, 코코넛, 올리브 등은 식용 수요가 높아 바이오 디젤 생산에 부적합함. 바이오디젤 주요 작물별 종합적인 평가 결과는 부표 4참조

42 주요 수출국은 말레이시아, 인도네시아, 네덜란드, 파푸아뉴기니, 싱가포르이며 중남미 주 수출국가는 콜롬비아, 에쿠아도르, 브라질임. 주요 수입국가는 인도, 중국, 파키스탄, 네덜란드, 영국이며 중남미 주요 수입국가는 브라질, 콜롬비아임.

43 브라질 농업환경 지도에 따르면, 북동부 406개 도시의 약 450만ha가 아주까리 경작에 적합한 지역으로 추정

- 브라질은 세계 3위의 아주까리 기름 수출 국가로 세계 시장의 12%를 점유
 - 아주까리는 바이오디젤 생산에 대한 활용성이 높아 전 세계 바이오 디젤의 60% 수준까지 원료제공이 가능함.
- 아주까리의 연간 평균 생산성은 ha당 0.3~0.9톤이나 새로운 경작 기술을 이용한다면 ha당 2톤까지 생산이 가능할 것으로 추정됨.
- 현재 생산성이 낮으나 고용 창출 면에서 긍정적인 효과를 나타내며, 식량 생산문제와 연계될 가능성도 적어 새로운 바이오디젤원료 작물로 부상함.
- 아주까리 이용의 문제점
- 소규모 생산 및 노동 집약적 생산⁴⁴으로 단기간 생산 확대가 어렵고 생산성이 낮으며 대규모 생산을 위한 인프라도 부족한 실정임.
 - 병해충에 약하고 기계화 경작도 어려움. 또한 윤활유 등으로 사용하여 용도가 분산된 상황임.
 - 농도가 높아 타 식물유와 혼합정제가 불가능함.

표 4-17. 아주까리 생산비

	생산비용(R\$/ha)
생산성	1.20
가 격	750.00
초기 투자	
소요 비용	56.50
기계 및 장비	202.50
노동력	357.50
공정비용	72.30
생산비용	688.80

주: 2004년 바이아주 Irece에서 행한 시험에 따른 생산가격임.

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

44 수확은 사람이 직접 해야 하며 3인의 가족이 3~4ha 경작 가능함.

② 오일팜 또는 기름야자

- 재식에 높은 비용(고액의 초기 투자)이 소요되고 묘목 재배에 1년, 성장에 3년 등 총 완숙기 4년이 필요하나 25~26년 동안 상업적으로 활용이 가능함⁴⁵.
- 연중 수확이 가능하지만 기계화 수확이 매우 어려움.
- 오일팜 생산성
 - ha당 가장 많은 유류 생산 작물
 - 대두와 비교하면 10배의 생산성을 보유⁴⁶.

표 4-18. 브라질 오일팜 생산 및 경작 면적

	면적(천ha)	생산량(만 톤)
2001	49.19	10.02
2002	54.47	11.06
2003	61.31	11.77
2004	60.60	14.79
2005	63.78	17.00

자료: 외교통상부 남미자원협력센터, 2007b

표 4-19. 브라질 유지작물의 특성

작물	기름 출처	기름 함량(%)	연간 수확 일수	유류 생산량(톤/ha)
오일팜	과일 핵	22.0	12	3.0~6.0
야자수	과일	55.0~60.0	12	1.3~1.9
바바쭈	종자	66.0	12	0.1~0.3
해바라기	종자	38.0~48.0	3	0.5~1.9
유채	종자	40.0~48.0	3	0.5~0.9
아주까리	종자	45.0~50.0	3	0.5~0.9
땅콩	종자	40.0~43.0	3	0.6~0.8
콩	종자	18.0	3	0.2~0.4
면화	종자	15.0	3	0.1~0.2

자료: 외교통상부 남미자원협력센터, 2007b

45 오일팜유의 70%는 조리용으로 사용되며 잉여분은 동물 사료로 사용됨.

46 브라질에서는 주로 빠라주와 바이아주에서 생산함.

- 오일팜의 생산비 및 수익
 - 재식 후 4년째부터 수확이 가능하기 때문에 초기 투자비용이 높음.
 - 7년차부터 투자 회임이 가능함⁴⁷.
- 오일팜은 보관이 가능하지 않아 수확 후 24시간 내에 정제가 필요하기 때문에 정제소 설치가 필수적임.
- 오일팜의 문제점
 - 강수량이 풍부해야 하는 제약요인으로 경작지역이 제한됨.
 - 재식기간 3년 필요
 - 초기 투자비용이 높고 7년후부터 수익을 얻을 수 있음.
 - 기계화 수확이 어렵고 수송이 불편함.
 - 수확 후 24시간 내에 정제가 필요하기 때문에 경작자와 정제업체 간의 긴밀한 협력 필요

③ 대두

- 척박한 지역을 제외한 브라질 전역에 경작이 가능함⁴⁸.
- 세계에서 가장 상업화된 유류임.
- 생산량은 많으나 생산이 대형화 되어 있어 소규모 경작자들의 참여가 어려움.
- 식용으로 활용성이 높은 것도 단점임.
- 대두의 평균 생산 비용은 R\$ 1,346.77/ha으로 이 중에서 약 66%는 비료, 농약, 농기계 구입비용임.

47 부표 2, 3참조

48 한기에 강한 작물로서 윤작기에 경작 가능하나 우박 및 고온에는 약함. 브라질 내에서는 남부가 주요 경작 지역이었으나 최근 바이오 디젤 생산의 붐으로 중서부 특히 마또그로쭝주가 최대 생산지로 부상함.

④ 유채(**Brassica SP**)

- 브라질에는 캐나다에서 개발된 **canola** 등 다양한 작물이 재배됨.
- 유채는 콜레스테롤이 낮은 유류로 알려져 있으며, 주요 생산국가는 중국, 캐나다, 인도, 미국임.
- 유채씨는 약 40%의 유지류를 함유하고 있으며 ha당 생산성은 1.5t으로 최대 2.4t까지 가능함.
- 브라질에서는 5월 중순에서 6월 하순까지 경작이 가능하며 경작기간은 130-160일로서 11월 이전에 수확함.⁴⁹
- 유채유는 식용, 윤활유 및 스테인레스 철판 생산, 비누 및 세척제로도 사용 가능하고, 박은 동물 사료 또는 비료로 사용
- 문제점
 - 브라질에서는 유채를 활용한 디젤 생산연구가 없음. 또한 경작에 대한 정보가 부족하고 수요대비 공급이 과다
 - 상업화 체계도 미비하고 경작경험, 기술이 미숙하며 경작 가능한 기후조건도 제한적임.
 - ha당 생산성은 최대 2톤까지 가능하지만 실제 일반 생산자들은 ha당 700kg 또는 800kg 정도 생산함
 - 종자 공급이 적어 일부 경작자들은 수입에 의존하기 때문에 생산비용이 높은 편임.

⑤ 해바라기(**Helianthus annus**)

- 바이오디젤 생산으로 해바라기 경작이 재개될 가능성이 높아짐.
- 톤당 유지함유량이 높고 기계 압착을 통한 추출이 용이하여 소규모 경작자에게 적합한 작물임^{50,51}.

49 주요 경작지는 남부이나 정확한 통계부족

50 바이오디젤 추출 후 남은 잉여 부산물의 활용도도 다양함.

51 유지함유량이 30%이하로 가금육 사료에 사용되는 종류와 유지함유량이 40%에 달하여 식용유로 사용되는 두 가지 종류가 있음.

- 대두 및 옥수수과 같은 곡류가 생산되는 지역에도 경작이 가능함⁵².
- 브라질 기후는 대체적으로 해바라기 재배에 적합하며 주로 중서부, 상파울루, 빠라나 및 히우그란데두술 지역의 52만ha에서 경작하고 있음.

표 4-20. 브라질 해바라기 생산 현황

	해바라기(천t)	경작면적(천ha)	생산성(t/ha)
2001/02	71.0	52.6	1.35
2002/03	56.4	43.2	1.31
2003/04	85.4	55.1	1.56
2004/05	68.1	50.1	1.36
2005/06	93.6	66.9	1.40
2006/07	120.0	80.9	1.48

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 해바라기의 수익성은 매우 낮으며 ha당 수확량이 1.8t 이하일 경우에는 적자임.

표 4-21. 해바라기 경작 수익

생산성	1.80톤/ha
해바라기 가격	R\$ 466.00/t
총 수익	R\$ 838.8/t
생산가격	R\$ 1,052.5/t
총 생산비용	- R\$ 213.5/t

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 장기 저장시 환기가 잘 되고 습도가 11% 이하인 환경이 필요⁵³.
- 2005년 마또그로쭈두술의 Chapadão do Sul 지역에서 조사한 생산비용은 표 4-22과 같음.

52 대두 등 다른 작물들의 휴경기에 경작이 가능(운작 가능)함. 경작 시기는 120~130일이며 유류제작은 100일로도 충분함.

53 장기 저장시에는 종이에 싸서 저장하며 온도는 10도에서 15도 사이가 적정하고 습기 통제가 필요

표 4-22. 해바라기 생산비용(2005년)

내역	생산비(R\$/ha)
생산성	1.80
가격	466.00
초기 투자	-
원료비 등	306.70
기계 및 장비	340.90
수공력	26.90
공정	377.80
총 생산비용	1,052.30

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

○ 해바라기 문제점

- 조류용 사료 생산에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 있음.
- 재배 중 새들의 공격 문제도 장애 요인 중 하나임.
- 종자 개발 등 경작 기술은 아직 미숙하며 상업 체계도 미비

2.2. 정책

○ 브라질 연방정부는 1980년 이래 바이오디젤 도입을 위해 노력함.

- 브라질 석유공사와 공군부는 항공기에 바이오케로젠 사용을 위해 디젤프로그램(**PRODIESEL**)을 발표함.
- 본격적인 도입은 2004년 바이오디젤 생산 및 사용 프로그램과 2005년 1월 B2/B5 혼용을 규정한 2005.1월 법령 11,097호(LeiN° 11,097)로 시작⁵⁴

○ 바이오디젤 생산 및 사용 프로그램(2004)⁵⁵

⁵⁴ 바이오디젤의 생산 배경에는 2003년 브라질의 전력 대란이 크게 작용함.

⁵⁵ 신재생에너지의 지속가능한 도입, 에너지원의 다양화, 디젤 및 석유 수입량 감소, 브라질 내 고용 및 수익 창출, 농촌인구 정착 및 지역 농업 확장, 식량작물 생산에 비적합한 토양의 사용, 환경적으로 올바른 에너지 생산이 주목적임.

- B2/B5 혼용을 의무화하는 법령 11,097을 뒷받침하는 근간임.
 - 바이오디젤 도입 및 기간 설정⁵⁶
 - 바이오디젤 생산 및 사용 프로그램 목적 달성을 위해 부처간 집행위원회 (CEIB) 설립
 - B2 혼용 촉진을 위해 브라질 석유청(ANP)은 바이오디젤 관련 법령을 제정함. 반면 혼용은 에너지 공급업체들이 정유소에서 행하도록 규정
- 사회에너지 인증서(Selo Combustivel Social)
- 2005년 5월 13일에 발표, 농촌 분야 사회참여 증진의 일환으로 소농이 농업생산체계에 참여할 수 있도록 기회 제공
 - 바이오디젤 생산업자들은 국가소농활성화프로그램(PRONAF)에 참여하는 소농들로부터 원료작물을 구입할 경우 사회에너지인증서를 획득할 수 있음.
 - 사회에너지인증서를 획득할 경우 연방정부의 재정지원뿐만아니라 세제혜택을 받을 수 있음.
- 벽지에너지개발지원 프로그램(2004년 법령 10.848: Lei n° 10.848/04)
- 벽지의 화력발전이 디젤유 대신 바이오디젤 사용 독려
 - 브라질은 북부 등 벽지의 전력 수급을 위한 화력 생산에 석유 및 석탄 등 활용
 - 화력 생산을 위한 고가의 에너지 소비 비용(custo do consumo do combustivel: CCC)을 타지역 소비자들이 분할 지불
 - 화력생산에 사용된 바이오디젤 사용비용도 에너지 소비비용에 포함하도록 규정
- 사회통합세(PIS)/공공근로자자산형성공여세(PASEP) 및 사회복지재정기여금(COFINS) 감세(2005.5.18자 법령 11,116호)

⁵⁶ 2005-2007년 2% 혼용 허용, 2008-2012년 2% 혼용 의무(2006년 조기 실시), 2013년 이후 5% 혼용 의무

- 2005.5.18자 법령 11,116호는 바이오디젤 생산자에 대해 사회통합세(PIS)/ 공공근로자자산형성공여세(PASEP) 및 사회복지재정기여금(COFINS) 감세를 규정
- 원료작물 제공자, PRONAF 조건을 충족시키는 소농, 소농으로부터 원료작물을 구입하는 생산자들 중 사전 등록을 한 사람에 한해 혜택
- 법령 11,116호는 지역, 원료구입 방법에 따라 차등 세제를 규정함. 동 규정은 사회에너지인증서 획득 생산자에 한함.

○ 바이오디젤 투자 재정지원 프로그램

- 원료작물 재배에서부터 최종 상품 판매에 적용(바이오디젤 및 식용유지 생산 장비, 바이오디젤 부산물 공정 투자 등에도 적용)⁵⁷

○ 바이오디젤 혼용 의무 지원을 위한 자원에너지부 결정 3호⁵⁸

- 2008년 2% 바이오디젤(B2) 혼용 의무 이행을 위한 생산, 투자 촉진 정책
- 정유소들이 사회에너지인증서 획득 기업들로부터만 바이오디젤을 매입할 것을 의무화

○ 바이오디젤 공매 규칙 시행령 483호(Portaria N 483)

- 브라질 석유청(ANP)은 사회에너지인증서를 보유한 바이오디젤 생산자만 참여하도록 공매 규칙을 결정함.
- 공매량은 국내 디젤 보유량에 따라 석유청이 결정

⁵⁷ 사회에너지인증서 획득의 경우 BNDES 참여, 이자율(금융비용+BNDES 수익+(금융기관 수익))

⁵⁸ 유효기간은 2006.1.1~2008.1.31

2.3. 전망 및 상용화 방안

- 브라질 바이오디젤 시장은 정책적으로 수요가 확정되어 있음.
 - 디젤에 대한 세계 수요가 가솔린보다 많기 때문에 가격 경쟁력을 가지고 생산 체계를 확립할 경우 시장은 확대될 전망이다.
- 브라질 석유공사(Petrobras)가 발표한 디젤 수요량 변화 및 전망은 다음과 같음.
 - 전망에 따르면 디젤에 5%의 바이오디젤 혼용을 의무화 한 2013년에는 약 26.4억 ℓ의 바이오디젤이 필요

표 4-23. 브라질 바이오디젤 시장

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
디젤	42059	42984	43219	44730	46260	47836	49462	51144	2883
바이오디젤(%)	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	5.00
바이오디젤 (백만리터)	-	-	-	894	925	957	989	1,023	2,644

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 현 디젤 사용량에 기초한 지역별 바이오디젤 수요 전망은 다음과 같음.
 - 브라질 석유청은 2013년 약 15억달러의 시장이 될 것으로 전망

표 4-24. 바이오디젤 수요 전망

	북부	북동부	중서부	남동부	남부	브라질
B2	0.6	1.04	0.89	3.25	1.54	7.34
B5	1.50	2.62	2.22	8.13	3.86	18.35
B20	6.0	10.49	8.9	32.54	15.47	73.42

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b

- 바이오디젤 생산의 제약요인
 - 원료작물의 경작 및 수확 인프라가 없음.
 - 산업공정 대형화, 상업채널 등도 아직 미확립

- 생산, 경작, 저장, 수송 등 전 분야에 대한 기술 개발 및 연구 필요
- 원료작물의 경작 수익성이 낮고 회임 기간 장기적임

○ 바이오디젤 장점

- 디젤의 수요량이 가솔린보다 많기때문에 성장 가능성이 높음.
- 다양한 작물로부터 생산이 가능하여 지역별로 특화 가능
- 많은 수공력을 요구하는 아주까리, 오일팜의 경우 소농의 참여 기회 많음.
- 수송 분야뿐만 아니라 화력 원료로 사용가능

3. 시사점

- 사탕수수를 이용한 에탄올 생산은 대체 청정에너지로서 그 중요성이 부각되고 있으며 우리나라의 대체 에너지 개발에 있어서도 벤치마킹할 수 있는 충분한 모델임.
 - 바이오에너지 산업은 농업, 산업 및 서비스 3개 산업을 총망라하고 있어 진출 및 참여 방안도 다양하며, 틈새시장도 개척 가능함.
- 그러나 에탄올 및 바이오디젤 개발은 적정 규모의 토지, 기후 및 열대 농업 기술이 필요한 산업으로 우리나라에 도입하는 데는 한계가 있음. 따라서 브라질을 비롯해 열대 농업이 가능한 지역으로 직접 진출하는 것이 더 적합함.
 - 열대농업이 가능한 지역으로는 중남미, 아프리카, 동남아 등임.
- 현재 브라질 에탄올의 경우 자국 기업들을 포함한 외국기업들의 움직임이 활발한 실정임.
 - 브라질 에탄올 생산의 85%가 남부, 남동부 지역에서 생산되고 있기 때문에 지역의 지가는 이미 충분히 상승되어 있는 실정임.

- 고이아스주, 마또그로쭈주, 마또그로쭈두쉴주, 또간친 주가 대표적인 이들 지역들의 지가가 이미 상당 부분 상승되어 있지만 아직도 진출의 여지는 많음.
 - 특히, 북부 및 북동부들 중 일부 사탕수수 재배가 가능한 지역을 보유하고 있는 곳들은 에탄올 사업 가능성에 대한 연구 조사들을 실시, 지역 투자 유치를 위한 인프라 마련을 위해 노력하고 있음.
 - 에탄올 정제소는 기계화 수확을 위한 대규모의 평탄한 토지가 필요하고 절삭 후 당분 유실을 막고 사탕수수 이동 경비 절약을 위해 경작지 인근지역에 설치하는 것이 바람직함.
 - 에탄올 정제업자가 직접 사탕수수를 경작하는 경우 수익이 증대 되었으나 바이오디젤은 원료작물의 생산에서 산업까지 직접 투자하는 것은 경제성이 낮은 것으로 나타남.
- 바이오디젤은 북부, 북동부에 오일팜 재배가 용이하고 북부, 북동부, 중서부 등에서는 아주까리 경작이 가능함.
- 북부 및 북동부는 인프라가 부족하고 소비시장이 남동부 비해 크지 않은 편이나 브라질 정부는 수송 인프라 확장을 위해 투자를 추진하고 있음.
 - 대두를 제외하고 대부분 노동집약적이기 때문에 임금이 저렴하고 정부의 세제 혜택 수혜가 가능한 지역 선택이 유리함.
 - 오일팜 등 쉽게 손상하는 원료작물은 손상 방지 등을 위해 채취 후 24시간 내에 정제가 필요하기 때문에 작물 재배 인근지역에 정제소를 설치하는 것이 바람직함.
 - 또한 생산비 절감을 위해 수확기가 다른 2개 작물을 병용하여 정제하는 것이 필요함.
 - 예를 들어 아주까리 및 해바라기의 병용 경작 및 정제
- 바이오에너지 개발은 4천만 달러에서 2억 달러 상당의 고액 초기 투자가 필요하고 투자회임기간이 고비용 산업이기 때문에 정부의 장기 대책 마련

과 아울러 해외 진출 기업들의 지원이 필요함.

- 우리나라 기업들의 바이오에너지 산업 활동 참여를 위해서는 정책 결정 및 법령 정비, 바이오에너지 개발 연구 및 투자 기금 조성, 시장 형성을 위한 적정 인센티브 도입 등 다양한 지원이 요구됨.
- 한편, 생산된 에탄올과 바이오디젤의 분배 및 수출은 브라질석유공사가 거의 독점적으로 점유하고 있기 때문에 기업과의 협력 양해각서 등의 체결을 맺는 것이 더 효과적임.

제 5 장

아르헨티나의 바이오에너지 개발 동향⁵⁹

1. 바이오에탄올

1.1. 생산 및 보급현황

1.1.1. 생산

- 아르헨티나는 2006년도 기준 총 22개의 제당업체에서 2천만톤의 사탕수수를 분쇄하여 231만톤의 설탕을 생산하고 있음.
 - 사탕수수 톤당 11ℓ의 에탄올을 생산하여 이 중 40%는 수출함.
- 옥수수를 사용하여 바이오에탄올을 생산할 때 1m³당 필요한 옥수수량은 2.5톤임.
 - 세계 옥수수 곡물가격이 톤당 178달러일 때 바이오에탄올 1톤 생산하는 데 원료비는 445달러임. 따라서 아르헨티나에서 생산되는 바이오에탄올은 다

⁵⁹ 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a. 『아르헨티나의 바이오에너지 정책과 개발 및 생산 현황』. 요약정리

른 국가들이 옥수수를 원료로 만든 바이오에탄올보다 경쟁력이 있음⁶⁰.

- 아르헨티나 바이오연료 및 수자원 이용협회(AABH)에 따르면 바이오에탄올을 생산하기 위해서는 정부의 보조금이 필요하며 휘발유가와 비교하여 1톤의 바이오에탄올을 생산하는 데 들어가는 정부 보조금은 579빠소(186달러 정도)가 될 것으로 예상하고 있음.

표 5-1. 휘발유와 바이오에탄올 가격 비교

단위: 빠소

내역	휘발유	바이오에탄올(조세혜택 포함)
정유공장 구입비용(세전)	자료 없음	1,586.00
정유공장 중간 마진	자료 없음	176.22
정유공장 판매비용(세전)	792.12	1,762.22
운송비+마진	100.30	100.30
총계	892.42	1,862.52
보조금	0.00	(579.42)
소비자판매가격(세전)	892.42	1,283.06
I.C.L.G	554.48	0.00
수력진흥세	50.00	0.00
영업비	54.29	46.53
부가가치세	198.81	279.21
총계	1,750.00	1,608.80

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

1.1.2. 바이오에탄올 원료 작물

① 사탕수수

- 아르헨티나 사탕수수(Saccharum sp.) 생산량은 연간 2,000만 톤을 상회하며, 주요 생산지는 북서부지역의 Tucumán주, Jujuy주, Salta주 등임.⁶¹

60 ha당 사탕수수 생산성은 아르헨티나나 브라질이 거의 비슷한 수준임. 아르헨티나 사탕수수 생산지인 북서지역은 칠레와 700km 거리에 있기 때문에 에탄올 수요 시장으로 큰 성장세를 보이고 있는 아시아 지역으로의 수출도 용이할 것으로 전망됨.

61 이 지역은 이미 지난 1970년대에 Alconafta라는 바이오 에탄올 프로그램이 시행되었던 지

- 사탕수수 재배면적은 지난 1990년대 초반과 비교하면 13%가 줄어든 상태지만 같은기간에 생산량은 30%나 증가함. 이는 단위 생산성 증가에 기인하며 ha당 생산량이 49톤에서 66톤으로 증가했기 때문임.

표 5-2. 아르헨티나 사탕수수 재배면적 및 생산량 변동률

농작물	연도	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
사탕수수	1990/1991	340,526	292,192	14,420,000	49.35
	2004/2005	296,790	284,639	18,799,056	66.05
변동률(%)		-12.84	-2.58	30.37	

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

② 옥수수

- 옥수수는 바이오에탄올 원료로 사용되는 중요한 작물로 아르헨티나의 재배면적은 319만ha임.
 - 지난 15년간 꾸준히 재배면적과 생산량이 증가하였으며, 아르헨티나 곡물 생산량에서 차지하는 비중은 대두(53%)에 이어서 2위(19%)를 차지함.
- 1990/1991년도 생산량은 768만 톤에 이르렀으나 점차 증가세를 보이면서 1997/1998년도에는 1,936만 톤으로 단기간 내에 152% 급증하였음. 그 후 점차 감소세를 보이면서 1,400~1,650만 톤을 유지해 오다가 2004/2005년도에 2천만 톤을 능가함.

표 5-3. 아르헨티나 연도별 옥수수 생산현황

	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
1991/1992	2,160,100	1,900,100	7,684,800	4.044
1997/1998	3,751,630	3,185,390	19,360,656	6.077
2004/2005	3,403,837	2,783,436	20,482,572	7.358
2005/2006	3,190,440	2,447,166	14,445,538	5.902

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

역으로 바이오에탄올을 생산하여 상용화하였던 지역임. 특히 Tucumán주는 아르헨티나 총 사탕수수 생산의 63% 이상이 이 지역에서 생산됨. Jujuy주는 연간 생산량이 432만 톤에 이르며, Salta주는 생산량은 225만 톤임.

표 5-4. 옥수수 재배면적 및 생산량 변동현황

농작물	연도	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
옥수수	1990/1991	2,160,100	1,900,100	7,648,800	4.04
	2005/2006	3,190,440	2,447,166	14,445,538	5.90
변동률(%)		47.70	28.79	87.98	

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 옥수수 재배면적을 살펴보면, 지난 1990/1991년도 216만ha에서 2005/2006년도 319만ha로 15년 동안 47.7%나 증가했으며 동 기간 높은 생산성 증가로 생산량은 88% 증가함⁶².
- 세계 옥수수 수출 2위국인 아르헨티나는 생산량의 68%를 수출함. 연간 옥수수 수출량은 1천만 톤을 상회함⁶³.

표 5-5. 주요 국가별 옥수수 수출현황

	단위: 천톤			
	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
미국	40,924	48,809	45,347	56,181
아르헨티나	12,349	10,439	13,752	10,707
중국	15,244	7,553	7,589	3,727
브라질	3,181	5,818	1,431	2,826
우크라이나	811	1,238	2,334	2,464

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

③ 수수

- 아르헨티나의 수수(*sorghum vulgare*)생산량은 연간 230만 톤으로 1997/1998년도 이후 지속적인 하락세를 보임.

62 주요 옥수수 생산지로는 Cordoba주(520만 톤/연간), Buenos Aires주(430만 톤), Santa Fe주(198만 톤)임.

63 세계 옥수수 생산은 연간 2억8천만톤을 생산하는 미국, 중국(1억4천만톤), EU-25개국(4,800만 톤), 브라질(4,100만 톤) 멕시코(1,950만 톤) 아르헨티나순으로 아르헨티나가 세계 옥수수 생산에서 차지하는 비중은 2.27%임.

- 재배면적도 지난 15년 동안 하락세를 보이면서 현재 재배면적은 57만ha에 불과함⁶⁴.
- 하지만 단위 생산성은 향상되어 1990/1991년의 ha당 생산량 3,330kg에서 2005/2006년 4,680kg으로 40%의 증가율을 보임.

표 5-6. 아르헨티나 연도별 수수 생산현황

	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
1990/1991	751,900	676,000	2,252,400	3.33
1997/1998	920,060	782,110	3,762,335	4.81
2005/2006	577,010	497,640	2,327,865	4.68

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

표 5-7. 수수 재배면적 및 생산량 변동현황

농작물	연도	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
수수	1990/1991	751,900	676,000	2,252,400	3.33
	2005/2006	577,010	497,640	2,327,865	4.68
변동률(%)		-23.26	-26.38	3.35	

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 아르헨티나가 전세계 수수 생산량에서 차지하는 비중은 3.76%임.
- 수출은 연간 생산량의 10%정도인 22만 톤 수준으로 미국에 이어 2위를 차지하고 있음.⁶⁵

64 지역별 생산현황을 살펴보면, Samta Fe주가 연간 53만 톤을 생산하여 수수의 최대 생산지이며 Cordoba주가 52만 톤으로 2위, 그 다음 Chaco주로 43만 톤을 생산함.

65 미국은 연간 497만 톤을 수출하여 세계 수수 수출시장에서 차지하는 비중은 약 90% 정도로 압도적인 위치에 있음.

표 5-8. 주요 국가별 수수 수출현황

단위: 천톤

	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
미국	4,877	4,845	4,541	4,970
아르헨티나	604	228	279	226
호주	75	425	370	190

자료: 외교통상부 남미자원협력센터, 2007a

③ 밀

- 아르헨티나의 밀 생산량은 연간 1,257만 톤에 이르며 재배면적은 530만ha 수준임. 밀이 아르헨티나의 곡물 생산에서 차지하는 비중은 17%로 대두와 옥수수에 이어 3위를 차지하고 있음.
- 1990/1991년도 밀 생산량은 1,099만 톤이었으며 2005/2006년도 생산량은 1,257만 톤으로 15년 동안 14%가 증가한 것으로 나타남. 그러나 동 기간 중 밀 생산량 추이를 살펴보면 뚜렷한 증가나 하락 추세가 아닌 1천만 톤에서 1,600만 톤의 범위 내에서 등락하는 형태를 보임.
- 재배면적도 생산량과 같이 450만ha에서 736만ha의 범위 내에서 변동하면서 현재 530만ha 정도의 수준을 유지하고 있음⁶⁶.
 - 1990/1991년도와 2005/2006년 비교 시 생산량은 오히려 14.3%증가했음. 이는 생산성 증가에 기인한 것으로 단위당 생산성은 1.9톤/ha에서 2.53톤/ha로 33% 증가함. 하지만 동기간 연간 재배면적 변동을 살펴보면 특별한 증감추세는 나타나지 않았음.

⁶⁶ 아르헨티나 전 지역에서 밀을 생산하고 있지만 주요 생산지는 Buenos Aires주로 전체 생산량의 59%(연간 745만 톤)를 차지하고 있으며 그 뒤로 연간 184만톤을 생산하는 Santa Fe주, Cordoba주에서는 171만 톤이 생산됨. 따라서 뻘뻘 평원(Pampa Humeda)지역이 밀 생산에서 차지하는 비중은 아르헨티나 전체 생산량의 87%임.

표 5-9. 밀 재배면적 및 생산량 변동현황

농작물	연도	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
밀	1990/1991	6,178,400	5,797,500	10,992,400	1.90
	2005/2006	5,212,358	4,965,820	12,574,196	2.53
변동률(%)		-15.64	-14.35	14.39	

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 아르헨티나가 세계 밀 시장에서 차지하는 비중은 생산량 기준으로 세계 11위(2.34%)로 미미한 수준임. 2005/2006년도 국가별 밀 수출현황을 살펴보면, 미국(2,742만톤)이 전체 시장의 24.15%의 점유율을 차지하고 있으며 아르헨티나는 연간 830만톤(7.31%) 수준임.

표 5-10. 주요 국가별 밀 수출현황

단위: 천톤, %

	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	비중
미국	22,834	32,295	28,464	27,424	24.15
아르헨티나	6,276	7,346	13,502	8,301	7.31

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

1.1.3. 바이오에탄올의 상업화

- Alconafta 프로그램은 5단계 혼합연료(휘발유-에탄올) 프로그램이었으나 여러 가지 요인으로 인해서 중단되었으며 현재 상업적인 목적으로 바이오에탄올을 생산하는 업체는 전무함.
- 아르헨티나에서 생산되는 에탄올은 대부분 식품, 음료수 혹은 제약 생산에 사용되며, 원료로는 사탕수수의 당밀이 사용되고 있음. 아르헨티나 에너지차관실에 따르면 현재 15~16개의 소규모의 에탄올 생산업체가 존재하고 있음.
- 바이오에탄올 생산·설비 투자비용은 바이오디젤에 비하여 약 3배 정도 높

음. 아르헨티나에서는 현재 특별한 투자는 이루어지지 않고 있으나 Azucarera los Balcanes 등 기업에서 바이오에탄올 생산을 검토 중임. 생산량은 연간 120만 톤 정도를 고려하고 있으며 총 투자금액은 6억 달러 정도 예상함.

1.2. 정책

○ 바이오에탄올 프로그램(ALCONAFTA)

- 아르헨티나 정부는 1970년대 고유가 파동으로 대체에너지 개발에 관심을 갖게 되었고 1974년에 상원, 연방연구위원회, 에너지부에 속한 연료-휘발유-알코올 위원회 등 각 부처간 정보 상호 교환제를 실시함.
- 1940년대 후반부터 이 분야의 연구는 간헐적으로 진행되었으며 1979년도에 “알꼬나프타(Alconafta)”라는 연방정부 프로그램이 운영되기 시작함⁶⁷.
- 알꼬나프타 프로그램의 성공으로 Tucumán주에서는 1981.3.15부터 휘발유에 12%의 에탄올을 혼합시킨 알꼬나프타를 판매하기 시작함⁶⁸.
- 1985년도에 아르헨티나 북서부지역(NOA)에서 알꼬나프타 사용을 의무화함. 이 프로그램의 2단계는 기존 증류설비를 100% 에탄올 생산에 활용한다는 것임.
- 1987년 북동부지역에서도 알꼬나프타 사용을 의무화 하였으며 제 3단계는 기존의 분쇄시설을 100% 활용한다는 것을 목표로 함. 이 단계에서는 설탕 수출을 전면적으로 중단하고 알꼬나프타 생산에 사용할 새로운 원료 개발에 중점을 둠.
- 알꼬나프타 프로그램을 시행한 12개 주에서 1987년도에 소비한 무수알코올 양은 연간 2억 5천만 l 이며 혼합용에 사용된 에탄올(총 생산량의 15%)에 한해 연료세가 면제됨.

67 프로그램의 목적은 에탄올을 휘발유와 혼합하여 연료로 사용할 수 있는지 가능성을 연구하는 것임. 이 프로그램은 아르헨티나 바이오연료 정책의 시초라고 할 수 있음.

68 1차적으로 설탕 생산을 위한 당밀 초과 공급분을 에탄올 생산에 이용함.

- 제 4단계에서는 연간 4억 1천만 ℓ 의 에탄올 생산을 위해 분쇄, 증류, 건조 시설 확장 투자, 원료 생산에 중점을 두었으나 여러 가지 이유로 중단됨⁶⁹.
- 비록 알코나프타 프로그램은 중단되었으나 이를 통해 아르헨티나는 바이오에탄올 생산, 판매 및 유통의 경험을 가지게 되었으며 향후 정책 추진에 도움이 될 것으로 보임.

1.3. 전망

- 2010년부터 바이오연료법에 의거하여 바이오에탄올 5%를 휘발유에 의무적으로 혼합하여야함.
 - 아르헨티나 휘발유 소비량 추세를 감안할 때 2010년도 휘발유 소비량은 40억 ℓ 로 예상됨.
 - 현재 옥수수 생산량의 3% 정도면 E5에 소요되는 바이오에탄올 2억 ℓ 를 생산할 수 있는 수준임⁷⁰.

표 5-11. 2010년 바이오에탄올 의무혼합에 필요한 원료 비교

2010년도 예상 휘발유 소비량	40억 ℓ
2010년도에 필요한 바이오에탄올 생산량	2억 ℓ (혹은 16만톤)
E5 생산에 필요한 옥수수 재배면적	8만ha로 2005/2006년도 옥수수 재배면적의 3%
E5 생산에 필요한 옥수수 생산량	50만톤으로 2005/2006년도 옥수수 생산량의 3%

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

69 첫 번째 이유는 사탕수수 생산이 매우 부진했기 때문이며 두 번째는 국제 설탕가격의 회복세, 끝으로 석유회사들의 압력이 원인임.

70 연간 아르헨티나가 수출하는 옥수수량이 1천만 톤을 상회하기 때문에 원료 확보가 용이함(하지만 2006년 말 연방정부는 옥수수 내수가격을 내리기 위해 일시적으로 수출을 중단한 적이 있음). 이외에도 사탕수수 및 수수를 사용하여 생산할 수 있음.

- 아르헨티나에서 가장 큰 알코올 증류회사는 La Florida사로 일일 35만 ℓ의 생산능력을 갖추고 있으며 향후 1억 ℓ를 생산할 예정임기.
- 하지만 전문가들은 아르헨티나 내수시장의 경우 국제 시장과 비교하여 휘발유 가격이 낮고, 현지인들이 경유를 선호한다는 점, 해외 판매를 목적으로 할 경우 매우 높은 투자비용이 든다는 점을 고려할 때 단기간 내에 이 분야에 대규모 투자는 이루어지지 않을 것이라고 전망함.

2. 바이오디젤

2.1. 생산 및 보급현황

2.1.1. 생산

- 아르헨티나 에너지 차관실에 따르면 바이오디젤 생산업자들은 100kg의 식물성 기름과 10kg의 메탄올을 사용하여 100kg의 바이오디젤과 10kg의 글리세롤을 생산하고 있음.
- 아르헨티나는 휘발유 사용량이 경유 사용량에 비해 적은편이며 휘발유 사용자의 경우 점차 가스(GNS) 사용이 늘어가는 추세로 바이오에탄올보다는 바이오디젤 분야의 성장이 더 유망함.

71 한편 세계적인 금융투자가인 소로스는 2006년 6월 Vendado Tuertow1역에 6,000ha의 농지를 구입하였으며 이 지역에서 옥수수를 사용하여 에탄올을 생산하려는 계획을 검토 중임. 투자규모는 2억 5천만 달러에서 3억 달러정도이며 연간 2억 ℓ를 생산할 수 있을 것으로 알려짐.

표 5-12. 작물별 ha당 얻을 수 있는 바이오디젤 생산량

작물	생산량
목화	184
옥수수	218
대두	420
잇꽃	688
캐롤라(유채류)	705
아마	720
유동(<i>Aleurites fordii</i>)	880
해바라기	890
땅콩	990
유채	1,100
피마자	1,320
자트로파	1,590
아보카도	2,460
코코넛	2,510
코코야자 열매	4,200
팜	5,550
해조류	10,000

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 특히 아르헨티나가 바이오디젤 원료가 되는 대두 및 유지 곡물 생산 대국이라는 점을 고려하면 바이오디젤 분야의 성장가능성은 매우 높음.

- 환경학 전공자 Lamers⁷²의 분석 결과, 바이오디젤 생산원가는 현재 아르헨티나에서 판매되는 경유 가격보다 상대적으로 높으나 조세혜택을 감안한다면 경쟁력이 있는 것으로 나타남.

2.1.2. 바이오디젤 원료 작물⁷³

① 대두

- 아르헨티나의 대두 생산은 지난 15년간 급성장을 보였으며 현재 아르헨티

72 Lamer(2006)은 Asal의 원가 분석을 바탕으로 계산함.

73 품목별 비교는 부표5참조

나 전체 농경지의 50% 이상에서 대두를 재배하고 있음. 총 곡물 생산량의 50%가 대두임⁷⁴.

표 5-13. 대두 재배면적 및 생산량 변동현황

농작물	연도	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
대두	1990/1991	4,966,600	4,774,500	10,862,000	2.28
	2005/2006	15,364,574	15,079,388	40,467,100	2.68
변동률(%)		209.36	216.21	272.56	

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 대두의 생산증가 요인은 1996/1997년부터 도입한 유전자변형 대두 재배 생산성 향상과 경작 농법 개선(직파법)을 꼽을 수 있음⁷⁵.
- 1990/1991년 대두 생산량을 2005/2006년과 비교하면 15년 동안 1,086만톤에서 4,046만톤으로 약 3.7배 증가했음 단위 면적당 생산량은 ha당 2.3톤에서 2.7톤으로 향상되었음.
- 아르헨티나 전 지역에서 대두를 생산하고 있지만 주생산지는 뿔뿔평원(Pampa Húmeda)임.
 - 대두 생산량의 79.7%가 Córdoba주, Buenos Aires주, Santa Fe주에서 이루어짐.
- 세계 대두 생산에서 아르헨티나는 연간 8,336만 톤을 생산하는 미국, 5,500만 톤을 생산하는 브라질에 이어 4,050만 톤으로 3위를 차지하고 있음.

74 바이오디젤 생산에 대두를 사용할 경우 단일 식물 경작으로 토질이 악화될 수 있다는 점, 타 유지작물에 비해 대두의 기름 함유량이 18%정도 밖에 되지 않는다는 점이 문제임.

75 남미 10개국 자원 현황, 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a 53p

표 5-14. 주요 국가별 대두 생산현황

단위: 천 톤, %

	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006	점유율
미국	75,010	66,778	85,013	83,368	38.26
브라질	52,000	51,000	53,000	55,000	25.24
아르헨티나	35,500	33,000	39,000	40,500	18.59

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 2005/2006년 국가별 대두 수출 점유율을 보면 브라질이 41%, 미국 40%, 아르헨티나가 11%로 이들 3개국의 수출량은 전 세계 대두 수출 시장의 91%를 차지함.

표 5-15. 주요 국가별 대두 수출현황

단위: 천 톤

	2002/2003	2003/2004	2004/2005	2005/2006
브라질	19,629	20,417	20,137	25,911
미국	28,423	24,128	29,860	25,778
아르헨티나	8,714	6,741	9,568	7,249

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

② 해바라기

- 해바라기는 아르헨티나에서 생산되는 유지작물 중 대두에 이어 두 번째로 중요한 작물이며 연간 생산량은 379만 톤 수준임. 해바라기는 기름함량이 많아(대두와 비교시 3배 이상 함유) ha당 기름생산성이 매우 높음.
- 지난 1990년대 최대 424만ha에서 재배되어 연간 생산량이 710만 톤을 능가했으나 1998/1999년을 기점으로 점차 생산량은 하락하기 시작함.
 - 이는 세계적인 추세로 상대적으로 저렴한 팜유나 대두유에 밀려 급격한 생산량 하락을 보임. 특히 대두는 해바라기보다 농사 기법이 쉬워 아르헨티나에서는 해바라기 대신 대두 재배를 더 선호함.

표 5-16. 해바라기 재배면적 및 생산량 증가율

농작물	연도	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
해바라기	1991	2,372,350	2,301,150	4,033,400	1.75
	1999	4,243,800	4,067,870	7,125,140	1.75
	2006	2,258,714	2,194,574	3,797,836	1.73
변동률(%)	1991/2006	-4.79	-4.63	-5.84	-
	1999/2006	-46.80	-46.00	-46.70	-

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 2005/2006년 기준으로 세계 해바라기 시장에서 아르헨티나가 차지하는 위치는 연간 645만 톤을 생산하는 러시아, 470만 톤을 생산하는 우크라이나에 이어 380만 톤을 생산하여 3위를 차지함.

표 5-17. 주요 국가별 해바라기 생산현황

단위: 천 톤, %

	2004/2005	2005/2006	2006/2007*	2007년도 비중*
러시아	4,800	6,450	6,700	21.87
우크라이나	3,050	4,700	5,300	17.30
아르헨티나	3,600	3,800	4,000	13.06

주: *는 전망치

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 국가별 수출현황을 살펴보면 아르헨티나는 3만 5천 톤을 수출하였음⁷⁶.

표 5-18. 주요 국가별 해바라기 수출현황

단위: 천 톤, %

	2004/2005	2005/2006	2006/2007*	2007년도 비중*
러시아	61	400	375	16.40
우크라이나	12	220	250	10.93
아르헨티나	107	35	80	3.49

주: *는 전망치

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

⁷⁶ 아르헨티나는 세계 해바라기 3위 생산국이나 세계 수출시장에서 차지하는 비중은 상대적으로 낮은 3.49%임. 이는 대두와 마찬가지로 대부분의 해바라기는 기름으로 생산하여 수출하기 때문이며 아르헨티나 해바라기유 수출은 2위 수준임.

③ 유채

- 유채는 아르헨티나에서는 잘 보급되지 않은 작물이라는 선입견 때문에 농업종사자들이 꺼려하는 작물이나 겨울 유지작물이라는 이점과 대두나 옥수수와의 윤작이 가능하다는 장점이 있음.
 - 에너지 자급자족에 매우 용이한 작물이며 유럽의 경우 주요 유채를 사용하여 바이오디젤을 생산하고 있음⁷⁷.
- 유채의 기름 함유도는 51.1%로 대두(18%)에 비해 2배 이상이며 ha에서 500ℓ의 바이오연료와 1,200kg의 사료 원료를 생산할 수 있음.
 - 그 외에도 ha당 유채를 재배할 때 소요되는 연료(농기계 사용)는 50ℓ 생산량의 1/10만으로도 농사에 필요한 연료를 충당한다는 장점이 있음.
 - 또한 유채를 사용하여 바이오디젤을 생산할 경우 부산물(Expeller)만으로 생산원가를 충당할 수 있는 이점이 있음⁷⁸. 하지만 부산물 생산이 많을 경우 공급초과 현상으로 가격이 하락할 수도 있음.
- 유채의 단위 면적당 생산량은 2005/2006년도 기준으로 ha당 1.5톤에 이르고 있으며, 1995/1996년 및 1998/1999년도에는 ha당 1톤을 생산한 것을 제외하면 큰 변동을 보이지 않고 1.3톤에서 최대 1.76톤 정도 수준을 유지하고 있음⁷⁹.

77 현재 아르헨티나 농업협회(FAA)는 일본 미쓰비시사와 유채 가공문제에 관해서 협의 중.
78 Rassto, "Proyecto Biofaa"(2007)

79 유채생산량은 2005/2006년 기준 연간 9천 톤으로 매우 미미한 수준임. 생산량은 1991/1992년도의 57,052톤에서 급격한 하락세를 보이면서 1992/1993년도에는 3만 톤, 1993/1994년도에는 11,575톤으로 2년이라는 단기간에 80%의 하락률을 보임. 그 후 회복세를 보이면서 2001년 이후 증가세를 보였으나 아직 1만 톤에도 못 미치는 실정임. 유채 생산지로 가장 중요한 지역은 Buenos Aires주로 연간 생산량은 7,850톤임(아르헨티나 총 생산량의 85%).

표 5-19. 유채 재배면적 및 생산량 변동현황

농작물	연도	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
유채	1991/1992	45,550	41,825	57,052	1.36
	2005/2006	6,720	6,160	9,140	1.48
변동률(%)		-85.25	-85.27	-83.98	

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

④ 잇꽃

- 잇꽃(*Carthamus tinctorius*)은 아르헨티나에서 소량 재배되고 있으며 연간 생산량 변동은 큰 편으로 2004/2005년 생산량은 5만 톤을 상회하였으나 2005/2006년도에는 생산량이 17,800톤으로 대폭 줄어듦.

표 5-20 잇꽃 재배면적 및 생산량 변동현황

농작물	연도	재배면적(ha)	수확면적(ha)	생산량(톤)	생산성(톤/ha)
잇꽃	1992/1993	24,200	21,300	15,697	0.74
	2005/2006	26,750	25,250	17,800	0.70
변동률(%)		10.54	18.54	13.40	

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

- 잇꽃은 건조지역에서 재배가 가능하며 오일 함유도가 30~40%로 매우 높다는 장점이 있음. 또한 빠따고니아(Patagonia)지역을 제외한 아르헨티나 전 지역에서 재배가 가능함.

⑤ 그 밖에 작물

- 안데스 산맥을 중심으로 아르헨티나의 서북중앙 지역은 건조 기후지역으로 현재 차세대 바이오디젤 에너지 작물로 전 세계의 관심을 받고 있는 자트로파(*Jatropha*)⁸⁰ 재배가 가능할 것으로 전망됨.

80 자트로파는 열대기후에서 잘 자라는 에너지 작물로 건조지역에서 재배될 수 있는 장점과 열매에 독성이 있어 식용으로 사용할 수 없기 때문에 다른 작물처럼 식량생산과 경쟁을 하지 않는다는 이점이 있음.

- 최근 바다 해조류를 사용하여 바이오디젤을 생산하는 프로젝트가 아르헨티나에 보도되어 관심을 끌고 있음. 아르헨티나 Oil Fox 사는 Chubut주에서 해조류를 사용하여 연간 24만 톤의 바이오디젤을 생산할 예정이라고 발표함⁸¹.

2.1.3. 바이오디젤의 상업화

- 아르헨티나 바이오디젤 생산은 초기 단계로 현재도 꾸준히 새로운 바이오디젤 플랜트가 각 지역에서 생산을 개시하고 있으나 이와 관련된 정보를 수집하기에는 많은 어려움이 있음. 발표된 통계자료는 각종 바이오연료 세미나에서 발표된 정보와 신문에 보도된 자료를 근거로 하는 수준임.
- 현재 생산되는 바이오디젤의 70%는 농업분야에서 사용되고 있으며 특히 중·소규모의 농업계 종사자들은 자급자족을 위해 바이오디젤 생산에 관심을 보이고 있음. 그러나 2007년부터는 대규모의 바이오디젤 투자 프로젝트가 본격화 될 것으로 전망되며 이 프로젝트를 통해 바이오디젤을 대체에너지로 상품화하여 대량 수출하려는 목표를 갖고 있음.
- 대규모의 바이오디젤 프로젝트를 추진 중이거나 고려중인 업체들은 대부분 식물성 유지류 기업체로, 바이오디젤의 생산원가에서 80% 이상이 식물성 기름이라는 점을 감안하면 이 분야에서 세계적인 경쟁력을 보유하고 있음. 또한 자체항구까지 보유하고 있기 때문에 관련 인프라도 필요하지 않다는 장점을 두루 갖추고 있음.

81 La Nación 2007.3.6일자 “Energía a partir de las algas”

2.2. 정책

- 경제부 농축수산물식품 차관실 바이오연료 프로그램
 - 2004년 아르헨티나 정부는 전 세계적으로 바이오연료에 대한 관심이 고조되자 이에 대한 연구 필요성을 느끼고 경제부 농축수산물식품차관실 산하 바이오연료 특별 부서를 설립하고 지침 1156/2004를 통해 이를 운영하기 시작함⁸².
 - 본 프로그램의 주요목표는 다음과 같음.
 - 화석연료를 대체할 수 있는 재생가능 에너지로써 바이오연료를 생산하고 지속 가능한 이용을 장려함.
 - 농촌분야와 바이오디젤·바이오에탄올 제조 플랜트의 가동을 지원/자문
 - 바이오연료 연구·보급 기관, 기구, 공익단체 등을 지원함.
 - 바이오연료 개발을 위한 민간·공공투자를 장려함.
 - 기간별 프로그램
 - 단기적으로 유채꽃 잇꽃 실험 재배를 추진함.
 - 중장기적 프로그램은 바이오디젤 생산용 기름을 얻기 위한 계획과 바이오에탄올 생산용 바이오매스를 얻기 위한 계획임.
 - 구체적인 활동 계획
 - 유채재배의 보급, 생산자들의 체험과 관련된 통계조사 및 애로사항 해결에 중점을 둠⁸³.
 - Misines주의 농공업진흥연구소와 Picada Libertad 협동조합과 민간 회사들 사이에는 피마자 보급⁸⁴을 위한 협약이 있음.

82 2001년 아르헨티나 정부는 환경정책차관실령 1076/2001(Resolución)을 통해 국립바이오연료 프로그램을 확립했으며 2001년 11월 5일 대통령령을 관보에 게재함. 동 대통령령에 의하면 바이오디젤의 경우 연료 양도세를 10년간 면제해 주며 가중감가상각을 허용하여 재산세 감소 효과를 제공함.

83 2005년 파종면적은 2천ha에 달했으며 아주 뛰어난 수확량을 기록함.

84 피마자(Ricinus communis)는 형태적 유연성이 뛰어난 야생 품종으로 기술도입에 따른 성과가 높으며 쉽게 추출할 수 있는 기름을 대량 함유하고 있어 바이오디젤 생산용으로 실

- 장기적으로 국내 원격지에서 생산이 가능한 일반 식물 품종에 대한 조사를 실시하고 협력협정 및 협약(국립농축산기술연구소, 대학교, 정부기구, 민간기구 등)의 틀 안에서 시험재배를 실시해 반응을 분석함.
- 그 외에도 이를 바이오에너지용 바이오매스 생산규모로 재배 가능한지 여부도 분석할 계획임.

○ 바이오연료법

- 아르헨티나 바이오연료법 제 26,093호는 2006년 5월 12일에 공포됨⁸⁵. 본 법의 주목적은 대체에너지로 각광을 받고 있는 식물성 에너지 생산과 이의 지속 가능한 사용을 위한 규제를 마련하는 것임. 또한 화석연료를 대체할 수 있으면서 동시에 환경오염을 감소시킬 수 있는 바이오에너지를 개발하는 것임. 이를 위해 조세혜택을 부여함.
- 조세혜택 장려기간은 법이 승인된 시기부터 15년임.
- B5 및 E5 사용 의무 시기는 본 법이 제정된 지 4년 후인 2010년부터 적용되나 집행당국의 결정에 따라 시기를 앞당길 수 있음⁸⁶.

○ 품질규격

- 현재 아르헨티나에서 사용되는 바이오디젤 품질 규격은 2001년 8월에 제정된 IRAM 6515 법규를 따르고 있으나 이 규정은 바이오디젤을 경유와 혼합하지 않은 수순한 바이오디젤, 즉 B100을 고려한 규정으로 에너지 차관실은 향후 새로운 규정을 제시할 예정임.
- 현재 에너지 차관실에서 관심을 보이고 있는 바이오디젤 품질 법규 모델은 유럽의 EN 14214임. 하지만 자급자족하는 소규모 생산자들에게는 매우 까다롭다고 알려져 농축업계의 자체 에너지 충당과 지역 경제 발전을 도모한다는 당초 목표와는 다른 결과를 낼 것이라는 우려가 상존함.

협 재배하고 있음.

85 시행령(109/2007년): 2007년 3월 승인됨.

86 그 밖에 장려기업 조건, 장려혜택, 장려 기업 선택 방식, 제재 조치 등 자세한 설명은 “아르헨티나의 바이오에너지 정책과 개발 및 생산 현황(2007.5)” 참조

2.3. 전망

- 바이오연료법에 따르면 2010년부터 바이오디젤 5%를 의무적으로 경유와 혼합해야 함. 이 때 필요한 바이오디젤 생산량은 6억 8,500만(60만톤) ℓ로 추산됨.
- 2005/2006년 대두 생산량의 9% 정도면 이 수치를 충당할 것으로 보임⁸⁷.

표 5-21. 2010년 의무 혼합에 필요한 바이오디젤 원료

2010년도 예상 경유 소비량	137억 ℓ
2010년도 필요한 바이오디젤 생산량	6억 8,500만 ℓ (60만톤)
바이오디젤 생산에 필요한 식물성 기름생산량	62만 5천톤
B5 생산에 필요한 대두 재배면적	130만ha로 2005/2006년도 대두 재배면적의 8%
B5 생산에 필요한 대두 생산량	350만톤으로 2005/2006년도 대두 생산량의 9%

자료: 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a

3. 시사점

- 아르헨티나는 전 세계 대두유 수출의 57%를 차지하고 있는 유지류 생산 대국인만큼 경제성 측면에서 유지류를 원료로 바이오디젤을 생산 할 수 있는 적지임. 그러나 유지류를 생산하는 Cargill, Bunge, Glencore 등 다국적 기업과 Vicentin과 AGD 등 대형 국내 기업들이 자체적으로 바이오디젤 생산 프로젝트를 추진하고 있는 점을 고려할 때 아르헨티나에 진출한 외국 기업에게 바이오디젤 생산원료인 식물성 기름을 충분히 장기적으로 공급해 줄 수 있는지 파악하는 것이 필요함.

⁸⁷ 그 외에도 대두 및 해바라기 등과 같은 유지작물을 효율적으로 재배하거나 추수 손실률을 줄인다면 바이오 연료 생산에 필요한 재배면적은 줄어들 것으로 보임.

- 한편, Santiago del Estero주에 대한민국 정부가 소유하고 있는 국유지 2만ha에 현재 아르헨티나에서 실험재배 중인 자트로파나 잇꽃 등을 재배 할 수 있는 여건이 갖추어 진다면, 새로운 에너지 작물을 사용하는 것도 고려할 수 있음.
- 2007년 5월 현재 대규모의 바이오디젤 생산 프로젝트들이 추진되고 있지만 본격적인 생산이 시작되고 있지 않아서 아르헨티나 현지 기업이나 외국기업의 투자 모델을 찾기 어려운 상황임.
- 아르헨티나 정부는 아직 바이오연료 분야를 직접 육성하겠다는 움직임이 보이고 있지 않으며 바이오연료법과 그 시행령을 제정하기는 하였으나 전략적이고 공격적인 중장기 계획은 찾아보기 힘들.
 - 아르헨티나 수출에서 식물성 기름이 차지하는 비중이 크며 이에 부과된 수출세는 24%로 국가 재정에 많은 도움이 됨. 반면 바이오디젤의 경우 수출세 환급을 고려 할 때 수출세는 2.5%에 불과함.
 - 식물성 기름이 바이오디젤 총 생산원가의 80%인 점을 상기하면 정부 입장으로는 바이오디젤 수출보다는 식물성 기름으로 수출하는 것이 국가 재정에 더 도움이 됨.
- 현지 사정에 익숙하지 않는 우리나라 기업이 바이오디젤 분야에 진입하기 위해서는 전문가를 통해 현지업체들의 바이오연료 분야 프로젝트 동향을 면밀히 주시할 필요가 있으며 경험 습득 차원에서 아르헨티나 바이오연료 유망 프로젝트에 일정 지분 참여하는 것을 검토할 필요가 있음.
 - 또한 아르헨티나 현지 관련법 이해가 선행되어야 함. 아르헨티나는 헌법 제 14조와 제 20조에 의해서 외국인과 내국인과의 차이를 두고 있지 않음. 국경 근처의 토지 매입 제한등을 제외하면 외국인은 거의 내국인과 같은 권리를 향유함.
- 한편 바이오디젤 분야에 진출하기 위해서는 아르헨티나 곡물시장을 파악하여 생산 및 유통분야의 진입을 고려해 보는 것이 필요함.

제 6 장

중국의 바이오에너지 개발 동향과 전망

1. 바이오에너지 수급 현황

- 중국의 바이오에너지 활용도에 앞서 바이오연료의 활용을 살펴보고자 함. 바이오연료로는 장작, 볏짚, 숲 등의 고체연료, 에탄올, 메탄올, 바이오디젤유 등의 액체연료, 메탄 발효에 의한 메탄가스, 가스화 된 혼합 가스나 수소 등의 기체연료 등이 있음.⁸⁸
- 중국에서 많이 이용되고 있는 바이오연료 중 비교적 중요하게 취급되고 있는 에탄올, 바이오디젤유, 농산부산물로서 짚, 임산부산물 중 일부, 가축분뇨를 이용한 메탄가스 등을 중심으로 생산, 소비, 무역 등을 살펴보고자 함.

⁸⁸ 강창용 외(2006), p.30.

1.1. 바이오에탄올

1.1.1. 바이오에탄올 생산과 소비

- 중국 국무원 국가발전개혁위원회는 11·5 계획이 끝나는 2010년까지 에탄올 생산량을 당초의 200만 톤에서 목표치를 높여 522만 톤까지 생산한다는 수정계획을 검토하였으나 마지막 결정 단계에서 보류되었음.
- 그 이유는 바이오연료의 생산이 중요하지만 그 주원료가 되는 옥수수의 가격이 상승하여 전반적인 물가상승을 유발할 가능성이 있었기 때문임. 그 결과 2010년까지의 에탄올 생산량은 약 300~400만 톤이 될 것으로 추정함.
- 최근 수년 동안의 에탄올 생산량을 보면 아래 <표 6-1>과 같음. 2004년부터 에탄올 생산량이 공식적으로 공표된 이래 매년 빠른 속도로 생산량이 증가해온 것은 사실이나 2006년부터 증가율이 주춤한 상태임. 2007년도 중국의 에탄올 생산량은 전년 대비 12% 증가한 145만 톤 정도로 추정됨.

표 6-1. 중국의 연료용 에탄올 생산량

	생산량(천톤)	증가율(%)
2003	20	-
2004	300	1,400
2005	920	206
2006	1,300	41
2007(추정치)	1,450	12

주: 2002년 자료는 거의 없고, 2004년부터 공식자료가 생산됨.

자료: Kevin Latner etc(2007), p.5.

- 중국에서 에탄올 생산의 주요 원료는 옥수수임. 그래서 에탄올의 주요 생산 지역도 옥수수 생산량이 많은 헤이룽장성, 지린성, 허베이성, 안후이성 등지에 편중되어 있음. 이들 지역에서 생산되는 옥수수의 약 10%가량이 에탄올 생산에 투입되는 것으로 파악되고 있음.

- 최근에는 에탄올 생산의 원료가 옥수수 이외에 밀, 카사바, 고구마 등으로 다양화되면서 생산지역도 남부와 중부의 광시성, 허베이성 등으로 확대되고 있음. 옥수수를 포함한 곡물의 가격상승을 염려하여 곡물이 아닌 다른 작물을 이용한 에탄올 생산을 권장하고 있음. 동시에 곡물의 정상적 생산이 어려운 한계농지를 이용한 작물의 생산과 에탄올 생산을 유도하고 있음.

표 6-2. 지역별 연료용 에탄올 생산량(2005년)

지역	기업명	주요 원료	실제생산량 (천톤, 2005)	생산능력 (천톤, 2007)	공급 지역	공급량 (천톤)
헤이룽장성, 자오둥	China Resources Alcohol Co.	옥수수	100	150	헤이룽장성 각지	150
지린성, 지린	Jilin Fuel Ethanol Co.	옥수수	300	600	지린시	100
					랴오닝시	200
허난성, 난양	Henan Tian Guan Fuel-Ethanol Co.	밀	200	200	허난성 각지	87
					후베이성 9개시	113
					허베이성 4개시	100
안후이성, 병부	Anhui BBKA Biochemical Co.	옥수수	320	320	산둥성 7개시	220
					장수성 5개시	
					허베이성 2개시	
광시성	China Resources Alcohol Co.	카사바	0	110	광시성 각지	110
허베이성	China Resources Alcohol Co.	고구마 옥수수	0	230	허베이성 각지	230
후베이성	Tian Guan Fuel-Ethanol Co.	쌀	0	100	후베이성 각지	100
합계			920	1,710		

자료 : Kevin Latner etc(2007), p.5.

- 전국의 9개 성(省)이 에탄올 생산 프로그램에 참여하고 있으나 2005년까지 실제 생산이 이루어지고 있는 성은 <표 6-2>에서 알 수 있는 것처럼 4개

성에 불과함. 생산은 민간 기업에서 담당하는데, 생산에 참여하는 기업은 사전 국가발전개혁위원회에 제안서를 제출하여 허가를 받아야 함. 그리고 생산된 에탄올은 반드시 중국 석유화학공업집단공사(SINOPEC) 혹은 중국 국영석유천연가스집단공사(CNPC)에 매각해야 함. 이들 두 국영 기업은 민간 기업으로부터 에탄올을 매입하여 각 가정이나 공장에 공급하고 국무원이 정한 값에 의거하여 사용료를 징수함.

- 중국은 지역이 매우 넓고 다양한 기후대가 존재하기 때문에 같은 종류의 농산물이라 하더라도 품질과 특성을 일괄적으로 규정하기가 어려움. 예를 들면 밀과 고구마는 허난성(河南省)산, 사탕수수와 카사바는 광시(廣西)자치구산, 감자는 윈난성(雲南省)산이 기준이 됨. 대표적인 농산물을 중심으로 단위 면적당 에탄올 생산량이나 생산비 등을 비교해 보면 다음 <표 6-3>과 같음.

표 6-3. 각종 바이오에너지 원료작물의 단위 면적당 에탄올 생산량 비교

원료 작물	생산량 (톤/ha, 년)	당 혹은 전분 함량(%)	에탄올 생산비율 (liter/원료 톤당)	단위 면적당 에탄올 생산량 (kg/ha, 년)	에탄올 생산비 (달러/톤)
카사바	40	25	150	6,000	550
사탕수수	70	13	70	4,900	-
사탕무	45	16	100	4,300	-
단수수	3.5	14	80	2,800	523
쌀	5.7	54	50	2,250	-
옥수수	5.6	94	10	2,050	653
밀	4.6	63	90	1,560	-

자료: 에탄올 생산비 자료는 Kevin Latner etc(2007), p.6.

기타 자료는 中國投資諮詢網(2007), p.156에서 인용하였음.

- 주요품목의 ha당 생산량은 쌀, 밀, 옥수수 등이 5톤 내외인데 비해 카사바, 사탕수수, 사탕무 등은 곡물의 10배 정도임. 전분 함량은 종류별로 큰 차이를 보이는데, 옥수수가 가장 높은 94%인 반면 사탕수수는 14%에 불과함.

- 원료 톤당 에탄올 생산비율은 카사바가 150리터로 가장 높은 반면 옥수수는 10리터에 불과함. ha당 연간 에탄올 생산량은 카사바, 사탕수수, 사탕무, 단수수, 쌀, 옥수수, 밀 등의 순임.
- 톤당 에탄올 생산비는 옥수수가 가장 높아서 653달러이고, 카사바가 550달러, 단수수 523달러 등임. 또 일반적으로 값이 가장 싼 원료는 카사바로서 대략 밀 가격의 35%에 불과함. 따라서 중국에서는 카사바를 이용한 에탄올 생산이 타 원료 작물을 이용하는 것보다 훨씬 유리하다는 것을 알 수 있음.⁸⁹
- 그럼에도 불구하고 카사바나 사탕수수를 이용한 에탄올 생산보다 옥수수를 이용한 에탄올 생산이 가장 보편적인데, 그 이유는 기술적 문제와 아울러 품질의 문제가 제기되기 때문임. 실제로 중국 정부는 ‘차량용 에탄올 휘발유의 실험적 확대 사용 실시 세칙’⁹⁰을 제정하여 에탄올 생산에 참여하고 있는 헤이룽장(黑龍江省), 지린(吉林省), 허난(河南省) 및 안후이(安徽省)의 4개 성만을 대상으로 시범 실시하고 있음. 지린성의 경우 2005년 30만 톤의 에탄올을 생산하여 10만 톤은 자체적으로 사용하고, 나머지 20만 톤은 인근의 랴오닝(遼寧省)에 판매하였음.⁹¹ 위에서 언급한 4개 성이 모두 옥수수, 밀 등의 주산지로서 카사바나 사탕수수는 생산이 어려운 곳 지역임.
- 중국 정부는 이들 4개 성에서 옥수수와 밀을 이용한 에탄올 생산을 장려하기 위하여 상당한 정도의 보조금을 지급하고 있음. 중국에서 휘발유 가격은 국가발전개혁위원회가 고시하는데, 가장 보편적으로 이용되는 일반 휘발유의 판매가격은 톤당 5,000위안 내외임. 일반 휘발유의 공장 출고가격이 3,900위안이므로 톤당 1,100위안 정도의 이윤을 취득할 수 있음.

89 中國投資諮詢網(2007), p.157.

90 車用乙醇汽油擴大試點工作的實施細則.

91 中國投資諮詢網(2007), p.167.

- <표 6-4>에서 보는 바와 같이 차량용 에탄올 휘발유는 생산원가가 일반 휘발유의 공장도 가격보다 500~600위안 정도 높음. 만약 차량용 에탄올 휘발유를 직접 판매한다면 높은 원가 때문에 판매가 어려울 것임. 그래서 정부는 옥수수를 원료로 하는 에탄올 휘발유는 1,300~2,000위안의 보조금을, 밀을 원료로 하는 에탄올 휘발유는 1,100~2,000위안의 보조금을 지급함. 동시에 에탄올 휘발유의 판매가격을 일반 휘발유 판매가격의 0.9111배에 머물도록 규정하고 있음.
- 이 결과 휘발유 판매상은 일반 휘발유를 판매할 경우에 비해 에탄올 휘발유를 판매하는 것이 많은 이윤을 얻을 수 있고, 소비자도 톤당 1,447위안의 저렴한 값으로 휘발유를 구입할 수 있음. 즉, 휘발유 판매상과 소비자에게 모두 이득을 제공함으로써 에탄올 휘발유의 공급을 촉진한다는 것임.

표 6-4. 연료용 에탄올 생산을 위한 정부의 보조와 이윤 분석

단위: 위안/톤

원료 작물	차량용 에탄올 휘발유				일반 휘발유			B-A
	생산 원가	정부 보조금	판매 가격	이윤 (A)	판매 가격	공장 출고가격	이윤 (B)	
옥수수	4,400	1,300~2,000	3,553	1,147~2,847	5,000	3,900	1,100	47~1,747
밀	4,500	1,100~2,000	3,553	1,047~2,943	5,000	3,900	1,100	-53~1,843

주: 차량용 에탄올 휘발유 출고 가격/일반 휘발유 출고가격 = 0.9111(=3,553/5,000)을 유지
 자료: 中國投資諮詢網(2007), p.168의 내용과 설명을 고려하여 필자가 보완한 것임

1.1.2. 바이오에탄올 수출입

- 중국의 에탄올 수출입량이 전체 생산량에서 어느 정도의 비중을 차지하고 있는지를 판단하기는 어려움. 왜냐하면 생산량 자료는 중량으로 표시되어 있고 수출입 자료는 부피로 표시되어 있기 때문임.

○ 분명한 것은 수출량이 수입량에 비해 훨씬 많다는 것과 수출입량 모두 크게 증가하고 있다는 점임. 2002~2006년 기간 중 수출량은 8.8배, 수입량은 2.2배 증가하였음.

- 국가별로 보면 일본과 한국으로의 수출이 가장 많았고, 2005년 이전에는 일본과 한국으로의 수출이 전체 수출량의 절반 이상을 차지하고 있음. 2006년에는 전년 대비 수출량이 6.3배 증가했을 뿐만 아니라 수출 대상국도 다양화 되어 전통적 수출국인 한국과 일본 이외 미국, 엘살바도르, 싱가포르 등에 대해서도 수출량이 급증하였음을 알 수 있음.

표 6-5. 중국의 국가별 에탄올 수출입

단위: 천리터

		2002	2003	2004	2005	2006
수 출	일본	81,971	152,755	49,975	79,375	113,665
	한국	18,874	80,664	16,881	39,144	191,642
	미국	2	0	0	10	158,398
	엘살바도르	0	0	0	0	138,437
	싱가포르	372	15,189	46	5,063	59,923
	자메이카	0	0	0	0	66,367
	기타	14,030	35,494	30,010	38,612	289,347
	합계	115,248	284,101	96,912	162,204	1,017,779
수 입	남아프리카 공화국	0	0	0	11,610	1,240
	일본	1,765	1,827	1,900	1,807	1,802
	중국	1	1	15	0	4,497
	호주	20	33	1,877	108	66
	뉴질랜드	0	0	36	1,298	54
	한국	21	24	40	992	29
	미국	9	31	25	35	149
	기타	1,742	2,400	360	3,740	135
합계	3,558	4,316	4,253	19,590	7,972	

자료: Kevin Latner etc(2007), p.9.

- 수출에 비하면 수입은 미미한 수준임. 2006년의 경우 수출량 대비 수입량의 비중은 0.8%에 불과하였음. 수입량 중 가장 큰 비중을 차지하고 있는 부분은 기이하게도 자체 수입임. 중국의 에탄올 생산기업이 중국내 무관세 지역 (tariff free zones)으로 수출하였다가 이를 다시 수입하는 경우를 의미함. 이를 국내 교역으로 처리하지 않고 수출입으로 처리하고 있음. 자체 교역을 제외하면 남아프리카공화국과 일본으로부터의 수입이 가장 큰 비중을 차지하고 있지만 수출에 비해 수입규모는 아주 적은 양에 불과함.

1.2. 바이오디젤

- 바이오디젤유를 채취할 수 있는 4종류의 유류식물을 대상으로 수지분석을 시도한 결과가 다음 <표 6-6>에 제시되어 있음. 각 식물로부터 1ℓ의 바이오디젤유를 취할 때 세전 비용을 분석한 내용이다. 바이오디젤유의 생산과 관련하여 몇몇 특징을 발견할 수 있음.
 - 첫째, 총지출 중에서 원료비의 비중이 상당히 높다는 점임. 목본식물보다는 초본식물인 대두와 유채씨의 원료비 비중이 더 높았음. 총지출에서 원료비가 차지하는 비중은 대두가 76.1%, 유채씨가 80.8%였음.
 - 둘째, 식물로부터 바이오디젤을 생산하는 것은 아직 이윤을 획득할 수 없다는 점임. 4종류의 식물 모두 총지출이 총수입보다 많고, 목본식물보다 초본식물의 손실율이 더 높음. 연료용 에탄올을 생산할 때 정부에서 보조금을 지급하는 것과 같이 바이오디젤유의 생산에도 보조금을 지급한다면 목본식물이 초본식물보다 유리할 것임.
- 식물로부터 바이오디젤유를 얻을 수 있는 기술적 수준이 된다고 하더라도 앞서 언급한 경제성 때문에 아직까지는 시험생산의 수준에 머물러 있다고 봐야 할 것임.

표 6-6. 유류식물을 이용한 바이오디젤유 생산 시 수지 분석

		원료 ℓ 당 중량, 가격 및 비용	고정 자산 (D)	디젤 유 제조 비용 (E)	지방 유 제조 비용 (F)	글리세린 가격 (G)	기타 (H)	총지출 (I=C+D+E+F)	총수입 (J=G+H)	이윤 (J-I)			
											중량 (A)	가격 (B)	비용 (C=A×B)
초본식물	대두	21.1	8.6	1.5	12.9	1.57	2.32	0.17	1.52	10.76	16.96	12.28	-4.68
	유채씨	36.9	4.9	2.0	9.8	0.90	1.33	0.10	1.30	7.52	12.13	8.82	-3.31
목본식물	단풍나무	54.2	3.4	1.0	3.4	0.61	0.97	0.07	0.95	1.80	5.05	2.75	-2.30
	의나무	30.9	5.9	1.0	5.9	1.07	1.58	0.12	1.37	4.45	8.67	5.82	-2.85

주 1) 단풍나무는 단풍나무의 일종인 麻瘋樹를, 의나무는 山桐子是 지칭함

2) 원료 중 함유율(含油率)은 평균치임

3) 목본식물의 고정자산은 조림, 수확기간, 임산부산물 등을 고려한 것임

자료 : 中國投資諮詢網(2007), p.215.

- 2007년도 중국의 바이오디젤유 생산량은 약 30만 톤 정도로 추정됨.⁹² 생산 중인 바이오디젤유는 식물이 아니라 음식점, 착유공장 등에서 나오는 동물성 유지 또는 폐식용유를 활용하여 생산한 것임. 이렇게 만들어진 제품은 연료로 사용하기에 부적합 정도로 질이 낮음.
- 실제로 중국에서 디젤유에 대한 수요는 상당히 많고 앞으로도 수요가 크게 증가할 것임. 왜냐하면 디젤유는 운송용 연료로 많이 쓰이는데 경제가 발전할수록 물류 유통과 관련하여 디젤유의 수요가 크게 증가할 수밖에 없기 때문임. 또 농촌에서도 농기계 이용 시 많이 사용되는 에너지원이 디젤유이기도 함. 따라서 일반 디젤유를 대체할 수 있는 바이오디젤유에 대한 수요도 많을 수밖에 없음.
- 그러나 바이오디젤유의 생산이나 사용을 촉진하는 아무런 정책적 조치나 프로그램이 없음.⁹³ 그 이유는 디젤유 생산에 소요되는 원료가 절대적으로

92 Kevin Latner etc(2007), p.7.

부족하기 때문임. 식물성 유지의 주요 원료인 대두는 중국이 세계에서 가장 큰 수입국이고, 유지 관련 제품의 수입도 적지 않으며 사료 또한 동물성 유지의 수요와 경쟁관계에 있음. 이러한 이유로 중국 정부는 당분간 바이오디젤유의 생산을 장려하지 않을 것이며, 그 결과 생산량이 획기적으로 증가하기는 어려울 전망이다.

2. 바이오에너지 활용 및 개발 정책

2.1. 바이오에너지 활용의 의의

- 바이오에너지의 중요성은 중국의 에너지 수급 불안정이나 환경오염에 대한 문제가 제기될 때마다 강조되고 있음. 국무원 국가발전개혁위원회에서는 바이오에너지 활용이 구체적으로 어떤 의의를 가지는지 다음과 같이 밝히고 있음.⁹⁴
 - 첫째, 바이오에너지 활용은 국가의 에너지 수급 안정에 크게 기여함. 중국은 화석에너지가 매우 부족한 국가 중 하나임. 에너지 부족량이 부족함에도 고도성장이 지속되면서 에너지 소비량은 빠른 속도로 증가하고 있음. 최근에는 연간 약 20억 톤(SCE)의 에너지를 소비하고 있고, 2020년에는 30~36억 톤이 소비될 것으로 전망하고 있음. 에너지 부족에 대한 우려는 더욱 심각한 양상으로 전개될 것임. 따라서 농촌에 풍부하게 존재하는 바이오매스를 이용하여 에너지로 이용할 수 있다면 에너지의 안정적 공급에 크게 기여할 것으로 판단됨.

93 國家發展和改革委員會(2007.2.25)는 유채유, 면화유, 목유(木油), 차유(茶油) 등을 원료로 연간 10만 톤 이상의 바이오디젤 연료의 생산능력을 갖추었다고 보고하고 있으나 구체적인 내용은 파악할 수 없음.

94 國家發展和改革委員會(2007.2.25)

- 둘째, 바이오에너지 활용은 환경개선에 기여할 것으로 보임. 중국에서 대량으로 생산 및 소비되고 있는 화석에너지가 환경 악화의 주범이라는 것은 주지의 사실임. 석탄의 연소 과정에서 공기중에 방출되는 이산화황의 90%, 이산화탄소의 85%, 연기와 미세먼지의 80%가 발생하므로 바이오매스를 이용한 에너지 생산 및 소비는 심각한 환경문제를 해결하는 데 결정적으로 작용할 것으로 보임.
- 셋째, 바이오에너지 활용은 농업과 농촌발전에 기여할 것임. 바이오매스 자원의 주요 원천은 농업과 임업임. 따라서 바이오매스 자원의 활용은 농림업과 밀접한 관련을 맺을 수밖에 없으며, 바이오매스를 이용한 농촌의 에너지산업 발전은 산업으로서 농업의 발전, 식수조립과 생태계 보전, 농민의 수입증가, 농촌의 생활환경 개선 등에 모두 기여할 것으로 보임. 바이오매스 활용이 가축의 분뇨 감소, 공기·수질·토양 오염의 저하, 농촌의 위생상태 개선, 화학비료 사용의 감소, 생태계 평형 유지 등에 도움이 된다는 많은 연구 결과가 제시되고 있음.

2.2. 바이오에너지 활용 정책

- 중국이 바이오에너지의 중요성을 인식하고 있는 만큼 바이오에너지 활용 방안에 대해 많은 노력을 기울여 온 것도 사실임. 6·5 계획부터 9·5계획(1980~2000년) 기간 중 바이오에너지 생산을 위한 시범적이고 모범적인 프로젝트만 열거한 것이 다음 <표 6-7>에 제시되어 있음.
 - 증류 잔재물, 분뇨, 임산 잔재물 등을 이용한 주방용 가스 생산이 주종을 이루고 있음. 프로젝트의 내용을 볼 때 아직도 농촌 거주자들의 생활개선에 초점을 맞추고 있음이 여실히 드러남.
- 중국 정부와 각종 연구기관의 노력으로 중국의 바이오매스 자원을 이용한 에너지 기술은 거의 선진국 수준에 도달해 있다는 것이 일반적이나, 지속적

발전을 위해 해결해야 할 과제도 적지 않음.

- 우선 농촌 주민들이 사용하고 있는 열에너지원의 50% 이상은 짚이나 땔감 나무의 직접 연소로부터 얻고 있다는 점임.
- 다수의 바이오매스 자원의 생산은 아직 시험 단계에 머물고 있으며 기술적 측면에서 문제점 해결이 쉬워 보이지 않음. 예를 들면 짚을 이용하여 전기 에너지를 생산할 때 발생하는 잔재물, 침전물, 설비의 부식방지 등은 해결해야 할 과제로 남겨져 있음. 중대형 메탄가스 공정이나 바이오매스 연료를 이용한 에탄올 생산은 높은 생산비 문제를 완전히 해결한 것이 아님. 이러한 문제점이 있음에도 불구하고 국무원은 국내 에너지 소비에서 차지하는 바이오에너지의 비중을 정책적으로 높여갈 전망이다.

표 6-7. 바이오매스를 이용한 에너지 시범 프로젝트(1980~2000)

프로젝트명	원료	규모	용량	용도	위치
1. 바이오가스(biogas) 프로젝트 ·푸산 육계농장 ·보터우 증류시설 ·쯔양 당 정제시설 ·화베이 제약 플랜트 ·후이안 화공제약 ·러즈 증류시설 ·싱훤 바이오가스 저장소 ·난양 증류시설 ·후이안 화학플랜트 바이오가스 저장소	계분	m ³ 700	m ³ /d 720	주방용	저장 허베이 허난 허베이
	증류잔재물	2,000	2,400		
	"	1,400	4,000		
	폐수	6,000	4,000		
	"	10,800	7,040	주방용 "	푸젠 쓰촨 상하이 허난 산시
	증류잔재물	600	3,600		
	분뇨	2,700	2,700		
	증류잔재물	10,000	40,000		
	"	10,800	10,800		
	폐수	10,800	10,800		
2. 가스화(gasification) 프로젝트 ·후아이라오 목재건조 시스템 ·환타이 통합 가스공급 시스템 ·산야 가스화 시스템	톱밥	ND600	620Mj/h	목재건조	베이징 산둥 하이난
	작물잔재물	XLF	1,400Mj/h	주방용	
	목분	CFB	2,900Mj/h	"	
3. 열분해(pyrolysis) 프로젝트 ·다렌 바이오매스 열분해 시스템 ·부터우장 바이오매스 열분해 시스템	목재잔재물		1,000호	주방용 목탄생산	료오닝 후난
	"				
4. 탄화(briquetting) 프로젝트 ·취룽 탄화연료 생산라인 ·우궁 곡물 기계공장 라인	왕겨		1,000t/y	고체연료	장수 산시
	"		1,000t/y	고체연료	

자료 : Yuan Zhenhong(2001), p.26.

○ 국무원이 발표한 ‘재생 가능 에너지 중장기 발전계획’에 따르면 앞으로의 구체적 목표는 다음 <표 6-8>와 같음. 바이오매스 자원을 이용하여 발전량을 늘리고, 액화연료의 생산을 증가하며, 메탄가스와 고체연료 생산을 증가한다는 내용임. 그리고 이 목표를 달성하기 위한 정책적 과제로 다음 6개 항목을 제시하고 있음.

- ① 농촌의 바이오매스 자원의 철저한 조사
- ② 농촌의 바이오매스 활용을 위한 체계적 연구
- ③ 종합적 발전계획 수립 및 추진
- ④ 기술적 난관의 돌파
- ⑤ 관련 부처 간 협조를 통한 바이오매스 산업 발전
- ⑥ 바이오매스 활용을 위한 홍보, 교육의 강화

표 6-8. 바이오에너지 생산 관련 구체적 목표

목표 연도	구체적 목표
2010년	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연간 바이오매스 이용량이 1차 에너지 총 소비량의 1% 달성 - 바이오매스를 이용한 발전량 550만kW - 바이오매스 액화 연료 생산량 200만 톤 - 연간 메탄 이용량 190억m³ - 바이오매스 고체 연료 생산량 100만 톤
2020년	<ul style="list-style-type: none"> ■ 연간 바이오매스 이용량이 1차 에너지 총 소비량의 4% 달성 - 바이오매스를 이용한 발전량 3,000만kW - 바이오매스 액화 연료 생산량 1,000만 톤 - 연간 메탄 이용량 400억m³ - 바이오매스 고체 연료 생산량 5,000만 톤

자료: 國家發展和改革委員會(2007.2.25)

2.3. 바이오에너지 개발 촉진 및 법제 정비

○ 중국 정부도 에너지 수급과 환경문제를 동시에 고려한 세계적 추세에 부합하여 2005년 2월 ‘재생가능에너지법’을 통과시켰음.⁹⁵ 동법 제16조는 “국가

95 第十屆全國人民代表大會常務委員會第十四次會議, 中華人民共和國可再生能源法(2005. 2. 28)

- 는 깨끗하고 효율성이 높은 바이오매스 연료의 개발과 이용을 장려하고 있으며 바이오에너지 작물의 생산도 장려하고 있음”.
- “국가는 농촌지역에서 재생 가능한 에너지의 개발과 이용을 장려하고 있음. 현(縣)급 이상의 지방정부는 에너지 업무를 관장하는 각 부서가 현지의 사회경제적 발전, 생태보호와 위생여건 등을 종합적으로 고려하여 각 지역의 재생에너지 발전계획을 수립했음”.
 - “동시에 각 지역의 실정에 맞게 메탄가스를 비롯한 각종 바이오매스 자원의 에너지 전환, 가정용 태양에너지, 소형 풍력에너지와 수력에너지 기술 등을 보급토록 하였음. 현급 이상 지방정부는 반드시 농촌지역의 재생 가능한 에너지 이용에 필요한 재원을 확보하여 지원토록 한다.”고 규정하고 있음.
 - 에너지 가격과 관련하여 제19조에서는 “재생 에너지의 가격은 국무원의 가격 관리 주관부서가 결정하되, 재생 에너지의 종류와 생산과정에서의 특징, 각 지역의 경제적 여건 등을 고려하여 재생에너지의 개발 및 이용을 촉진할 수 있도록 합리적으로 결정한다.”고 규정하고 있음.
 - 이 외에도 재생 가능한 에너지 생산을 지원할 수 있도록 재원의 염출, 지원 대상이 되는 분야, 불법적 재생 가능 에너지 생산 및 공급에 대한 법률적 책임 등을 상세히 규정하고 있음.
 - 「재생가능에너지법」이 2005년에 제정되었다는 것은 2005년부터 재생 가능한 에너지의 생산과 소비에 대한 준비가 이루어졌다는 의미이기도 하지만 이미 재생 가능한 에너지가 생산, 소비되고 있었다는 점에서 법률적, 제도적 준비가 늦었다는 것을 의미함. 「재생가능에너지법」이 제정되기 이전에는 재생 가능 에너지와 관련된 내용이 주로 국무원이 5년 주기로 발표하는 국가발전계획에 포함되어 있었음.

- 국무원이 11·5(2006~2010)계획을 수립하면서 에너지수급과 관련하여 특히 강조하는 분야가 에너지 절약과 재생 가능 에너지 개발임. 그리고 농업부문의 바이오매스 활용 및 그 의의를 특별히 강조하고 있음. 11·5 계획 중 재생 가능 에너지 분야에서 중점적으로 활용할 기술 항목을 보면 대형 풍력 발전 세트, 농촌 바이오매스, 메탄발전, 연료용 에탄올, 바이오디젤과 바이오매스 고체형 연료, 태양에너지 개발 및 이용과 관련된 기술 등임.⁹⁶ 중점 항목 중 대부분이 농업·농촌과 관련된 항목임을 알 수 있음.
- 중국 농업부도 국가 발전계획에 부응하여 금년 7월 ‘농업부문 바이오매스 산업 발전 계획(2007~2015)’을 발표했음.⁹⁷ 동 발전 계획에서 언급한 구체적 계획 목표만 제시하면 다음<표 6-9>과 같음. 전국 농가와 소규모 양식어장을 대상으로 메탄가스 보급을 확대한다는 것이 주요 내용임.

표 6-9. 농업부의 바이오매스 산업 발전 계획

목표연도	구체적 목표
2010	<ul style="list-style-type: none"> · 전국 농가의 30% 정도인 4,000만호(신규 1,800만호)가 메탄가스를 사용할 수 있도록 연간 메탄가스 생산량 155억m³ 달성 · 적정 규모 이상의 양식어장에서 메탄가스를 사용할 수 있도록 소규모 메탄가스 공급소 4,000곳을 새로 건립하며, 이에 필요한 메탄가스 3.4억m³를 추가로 생산하여 공급 · 전국 400여 곳에 짚을 이용한 고정형 연료 응용 시범소를 건립, 1,000곳 이상 대형 가스 공급소 건립 등 연간 짚을 이용한 3.65억m³의 가스 생산 및 보급
2015	<ul style="list-style-type: none"> · 전국 농가 6,000만 호가 메탄가스를 사용할 수 있도록 연간 메탄가스 생산량 233억m³를 달성 · 양식어장에서 메탄가스를 사용할 수 있도록 소규모 메탄가스 공급소 8,000곳을 건립하며, 이에 필요한 메탄가스 6.7억m³를 공급 · 2,000곳 이상 짚을 이용한 대형 가스 공급소 건립 등 연간 짚을 이용한 7.3억m³의 가스 생산 및 보급

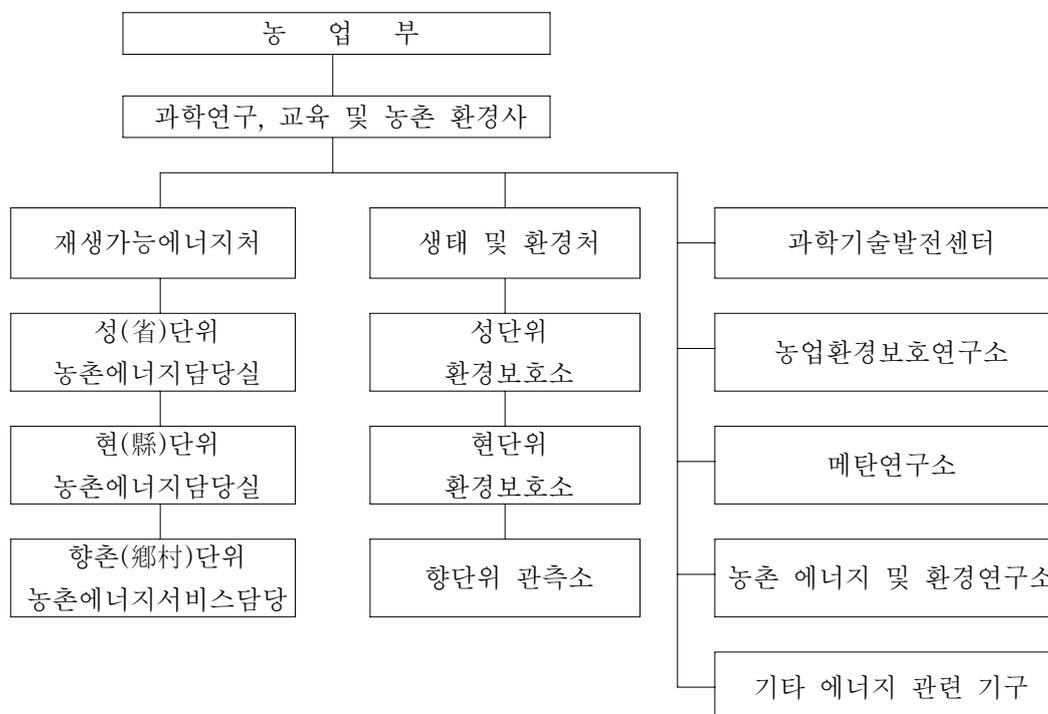
자료: 中國 農業部a(2007.7.5), pp.44-45.

96 國家發展和改革委員會(2007,4), p.14.

97 農業部,a(2007.7.5)

- 위의 목표를 달성하기 위하여 정부는 적극적인 재정지원을 약속하였음. 특히 농촌의 메탄가스 공급 시설 건설, 바이오매스 관련 기술 지원, 농산 부산물을 이용한 바이오에너지 시설 공정 및 바이오에너지 관련 농작물의 시범 생산지구 지정 등이 원활히 추진될 수 있도록 각종 물자의 공급과 서비스를 강화할 예정임.
- 농업부에서 위 업무를 관장하는 부서는 과학연구·교육 및 농촌환경사(科硏教育和農村環境司)임. 동 환경사 산하에 재생 가능 에너지처와 생태 및 환경처를 두고 성(省)-현(縣)-향촌(鄉村)으로 연결되는 에너지 관리 행정체계를 구축하고 있음. 기술지원을 위해 과학기술발전센터, 농업환경보호연구소, 메탄연구소, 농촌 에너지 및 환경연구소를 별도로 운영하고 있음.

그림 6-1. 중국의 농촌 에너지 관리 체계도



자료: 周愛明 외(2005), p.30.

3. 바이오에너지 이용 효과 및 전망

3.1. 바이오에너지 이용 효과

3.1.1. 환경에 대한 효과

- 국제에너지기구가 밝힌 2004년 이산화탄소의 배출량을 보면 OECD에 가입한 30개 국가의 배출량 합계의 비중이 48.6%에 불과한데 비해 중국의 배출량 비중은 17.9%임. 국제에너지기구는 중국이 늦어도 내년까지 미국을 앞질러 세계 최대의 이산화탄소 배출 국가가 될 것이라고 전망하고 있음.

표 6-10. 전세계 지역별 이산화탄소 배출량

단위: %

	1973년	2004년
OECD 국가	65.9	48.6
유럽 내 비OECD 국가	1.7	1.0
라틴아메리카	2.7	3.4
아시아	8.7	27.3
- 중국	5.7	17.9
전 USSR	14.4	8.7
중동	1.0	4.5
아프리카	1.9	3.1
기타	3.7	3.4

자료 : IEA(2006), p.45.

- 중국 정부는 이러한 문제를 해결하기 위해 일차적으로 농촌과 도시에서 재생 가능 에너지의 개발에 많은 관심을 기울이고 있음. 2005년 ‘재생가능에너지법’이 제정되고, 이와 더불어 재생가능에너지 개발센터가 설립되어 구체적인 생산 계획이 수립되어 추진 중에 있음. 이 계획에 따르면 2010년까지는 정비 기간에 해당하고, 대부분의 설비는 2010년 이후에 설치될 예정

임. <표 6-11>은 중국에서 2005년 이전과 2010년 이후의 바이오에너지 생산계획 및 생산 가능량을 보여주고 있음.

- 이 자료에서 사탕수수와 짚은 폐열을 이용한 발전, 직접 연소, 석탄 보일러 용 소각, 대규모 가스화 시설에 사용된 것 등을 모두 종합하여 평가한 것으로 재생 가능 에너지의 가장 중요한 원천임.
- 바이오매스 에너지를 활용하기 위한 설비는 소규모 설비가 대부분임. 천연가스 대비 약 30%의 저위발열량(LHV)을 갖는 30~350kW 규모의 소규모 가스 터빈은 이미 미국을 비롯한 일부 선진국에서 널리 상업화되어 있음. 중국도 이 정도의 기술은 빠른 시간 내 보편화 될 것으로 전망되므로 바이오매스를 활용한 에너지 생산 비용을 크게 저감할 것으로 판단됨.⁹⁸

표 6-11. 재생가능에너지 개발센터의 바이오매스 에너지 생산 계획(1998~2020)
단위: MW

	1998년 기설비	기간별 추가 설비 계획			2020년의 설비 및 생산 가능량 추정	
		1998~2005	2005~2010	2010~2020	설비계획	생산 가능량
매립가스	0	30	30	540	600	4,650
도시지역 고체 폐기물	15	85	150	710	960	23,330
바이오가스	2	25	125	150	302	630
사탕수수	410	20	40	130	600	2,380
짚	3	25	125	150	303	43,850

주: 1998년의 사탕수수 관련 기설비는 제당공장의 전력설비 능력을 의미하며, 대부분 자체 소비용임.

자료: Li Jingjing(2001), p.76.

⁹⁸ Li Jingjing(2001), p.76.

- 또 바이오매스를 이용하여 생활용 바이오가스를 생산할 때 용도의 범위는 넓을수록 수익률이 높다는 연구결과가 제시되었음. 즉, 가스화 시스템을 주방용으로만 활용할 때는 투자수익률이 4.4%였는데 비해 주방용과 전력 대용의 두 기능을 동시에 추구하면 수익률이 19%로 증가하고, 주방용, 전력 대용 및 난방용 기능까지 추구하면 수익률이 31%까지 증가했음.⁹⁹
- 아래 <표 6-12>은 중국 랴오닝성(遼寧省)에서 바이오에너지 종합 시스템을 설치한 200호 농가를 대상으로 바이오에너지의 사용 효과에 대해 설문 조사한 결과를 정리한 것임.
- 이 결과에 의하면 화학비료 사용량, 병충해 발생량, 토질과 가축 건강은 대략 절반 정도의 농가에서 현저한 개선 효과가 있었고, 나머지 절반도 다소의 개선효과가 있었다는 응답을 하고 있음.
 - 생활환경과 가족의 건강은 각각 66%와 64%가 현저한 혹은 약간의 개선효과를 인정하고 있고,

표 6-12. 농촌에서 메탄가스를 이용한 바이오에너지 사용의 효과

단위: %

	현저히 감소·개선	약간 감소·개선	차이 없음
화학비료 사용량	44	54	2
병충해 발생량	46	54	0
토질 개선 효과	50	50	0
수질 개선 효과	6	30	64
생활환경 개선 효과	4	62	34
가축 건강 개선 효과	50	48	2
가족 건강 개선 효과	4	60	36

자료: 周愛明 외(2005), pp.41~45에서 요약.

⁹⁹ Li Jingjing(2001), p.73. 여기서 수익률은 특정 시점의 농부산물 투입재 가격, 가스 및 전력가격을 고려하고, 설비투자비는 15년 상환 조건을 전제로 한 것임.

- 수질 개선 효과는 36%만이 현저한 개선 혹은 약간의 개선효과를 인정하고 있다. 화학비료 대신 유기질 비료를 많이 사용함으로써 토양과 수질이 개선되고, 그 결과 가축과 가족의 건강에도 긍정적으로 작용하였다는 응답
- 연구 결과에 의거하여 중국 정부는 전국에 걸쳐 바이오에너지 보급을 적극 권장할 예정이다. 2010년까지는 전국 농가의 6.7%, 2020년까지는 10.6%의 농가에 바이오에너지 종합 시스템을 보급할 전망이다. 특히 랴오닝성과 윈난성에서는 전국의 평균보다 훨씬 높은 바이오에너지 보급이 이루어져 2020년까지는 전체 농가의 절반 정도 바이오에너지 종합시스템이 보급될 전망이다.
 - 랴오닝성은 중국 동북지역에서 공업이 가장 발달한 곳으로 매립 가스와 도시지역 고체 폐기물 가스를 충분히 이용할 수 있고, 또 풍부한 농산 바이오매스 자원을 가진 헤이룽장성과 지린성이 배후에 있기 때문이다.
 - 윈난성은 중국의 서남부지역에 위치하여 농산 바이오매스의 원료인 사탕수수, 단수수 등의 재배가 용이한 지역이기 때문이다.

표 6-13. 향후 중국 농촌에서 바이오에너지 종합 시스템 보급 전망

단위: 천호, %

	2002	2010	2020
전국	9,200(3.7)	16,412(6.7)	26,044(10.6)
랴오닝성	279(4.1)	2,410(35.1)	3,405(49.7)
윈난성	804(9.5)	3,077(36.4)	4,509(53.4)

자료: 周愛明 외(2005), p.76.

3.1.2. 경제에 대한 영향

- OECD와 FAO가 공동으로 작성하여 발표한 ‘2007~2016’ 농업전망보고서는 앞으로 10년 정도는 세계 농산물 가격의 강세가 지속될 것이며, 그 결과 관련 제품의 가격도 크게 오를 것으로 전망했음. 두 기관이 농산물 가격의 장기 강세 원인을 분석한 바에 따르면 첫째, 가뭄과 같은 자연적 요인, 둘

제, 옥수수과 사탕수수를 주요 원료로 하는 바이오연료의 생산 증가에서 비롯된 구조적 요인 때문이라는 것임.¹⁰⁰

- 각종 국제기구의 농산물 가격 상승에 대한 전망은 이미 현실로 나타나고 있음. 바이오연료의 생산과 직접 혹은 간접적으로 관련이 있는 소맥, 옥수수, 대두 등은 2005/06~2007.7 기간 중 모두 50% 이상의 가격 상승을 기록하고 있음. 1994/95~1995/96 기간 중의 대폭 상승 이래 가장 큰 폭의 가격 상승을 기록한 것임.
- 세계 옥수수 시장에서 가장 큰 영향을 미치는 미국의 경우 최근 옥수수 가격이 폭등하면서 2007도 옥수수 파종면적은 평년 대비 500만ha가 늘어나 1940년 이래 최대의 파종이 예상됨. 옥수수 생산의 주산지인 아이오와주의 토지 가격은 지난 해 1년 동안 35% 올랐다. 곡물 수출 2위 국가인 아르헨티나의 옥수수 농장 가격도 평균 27%나 상승했음.
- 영국은 식료품 가격이 최근 6년 만에 최고 수준으로 올랐고 프랑스에서는 올 한 해 동안 버터 가격이 17%, 우유는 리터당 4~5%, 카카오는 무려 25% 상승할 것으로 전망되고 있음.¹⁰¹ 국제기구를 비롯한 각국의 분석에 따르면 이러한 가격 급등 현상은 생산 감소의 원인이라기보다는 수요 측면의 소비 증가 때문임이 확실함.¹⁰²
- 중국에서 돼지고기가 금년에만 두 배 이상 오른 가격으로 거래되고 있음. 돼지고기 가격의 상승 원인은 옥수수를 주요 원료로 하는 사료시장의 불안정 때문임.

100 OECD-FAO, 2007. p.10.

101 중앙일보, 2007.7.3.

102 國家發展和改革委員會, 2007.6.6.

표 6-14. 세계 주요 곡물가격 동향

단위: 달러/톤, FOB

품목	2004/05	2005/06 (A)	2006.7	2007.6	2007.7 (B)	증감률(%)		
						전년 대비 (A,B비교)	전년 동월 대비	전월 대비
쌀	278	301	321	331	333	10.6	3.7	0.6
소맥	126	142	184	215	228	60.6	23.9	6.0
옥수수	83	88	98	159	135	53.4	37.8	-15.1
대두	219	214	218	321	334	56.1	53.2	4.0

주 1) 곡물연도 평균 가격임. 곡물연도는 전년~이듬해 기준 쌀은 8~7월, 소맥 6~5월, 옥수수와 대두 9~8월임.

2) 쌀은 태국산, 100% B등급, 2007년 가격은 USDA, rice outlook 자료에서 인용

3) 소맥은 2등급(KCBOT), 옥수수는 2등급, 대두는 1등급. 2007년 7월 가격은 7월 12일 현재 가격 기준임

자료: 성명환(2007), p.5.

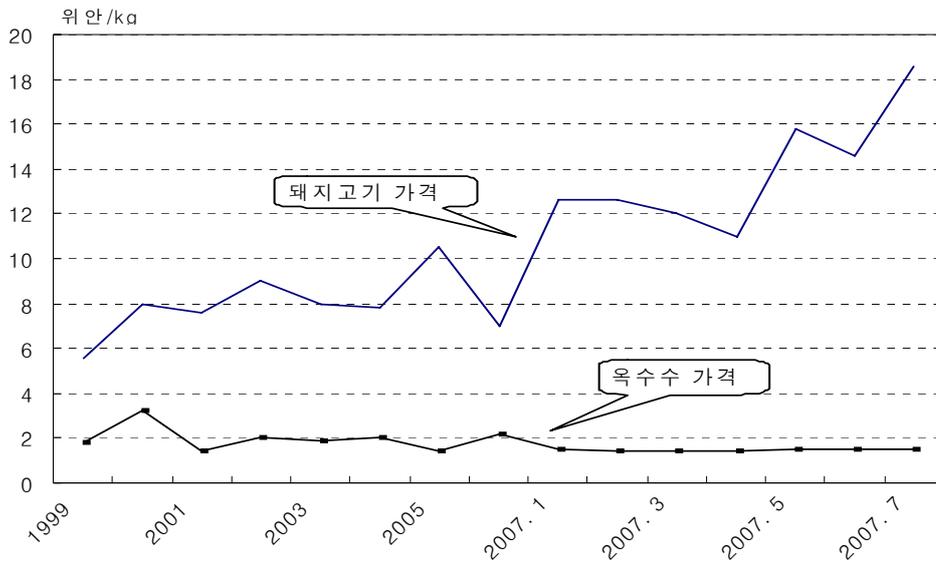
- 중국 국내 사료시장의 불안정은 공급 요인 때문이 아니라 수요 요인 때문에 발생한 것임. 즉, 국제 옥수수 시장에서 가격이 급등하니까 중국 국내에서 옥수수를 대량으로 소비하는 가공업체들이 사재기를 시작하고, 그 결과 옥수수의 유통량이 급감하면서 시장불안이 조성된 것임.

- 중국 국무원은 “옥수수 정밀 가공기업의 맹목적 발전을 엄격히 통제한다. 각 지역에서 이루어지고 있는 옥수수 정밀 가공기업의 새로운 설립이나 시설확대는 중지하고, 기존의 가공기업에 대해선 전반적인 재검토를 단행한다.”고 발표함¹⁰³으로서 옥수수 가격을 안정시키는 데는 성공했음. 그러나 가공기업의 사료공급에 문제가 발생하면서 돼지고기는 가격파동이라 할 정도의 등락을 거듭하고 있음.
- 이러한 현상은 일단 중국 국내의 요인에 의한 것이라기보다는 국제시장의 영향에 의한 것으로 보임. 중국산 옥수수의 수입에 크게 의존하고 있는 우리나라에도 큰 영향을 미칠 것은 분명함.

103 中國 農業部b, 2007.7.5.

- 농수산물유통공사의 자료에 따르면¹⁰⁴ 2006년도 연간 중국산 옥수수 가격의 수입금액은 2.8억 달러로서 전체 수입금액의 22.2%에 달했음. 2007년 1월부터 7월까지 중국산 옥수수의 금액 기준 수입비중은 41.9%로 증가했음. 세계시장에서 옥수수 가격보다 중국산 가격이 상대적으로 저렴했기 때문임. 그러나 중국 정부의 국내 상황에 따라선 옥수수 수출에 대한 통제가 예상되고, 그 결과는 곧바로 우리나라 사료시장에 영향을 미칠 것으로 보임.

그림 6-2. 중국의 돼지고기와 옥수수 가격 추이



자료: 中國 農業部 價格行情에서 정리¹⁰⁵

104 농수산물유통공사 농수산물무역정보,

105 각 연도 6월 1일 조사 시점을 기준으로 가격 차이가 거의 없는 北京新發地도매시장, 北京華墾岳各莊도매시장 및 北京城北回龍觀大鐘寺商品交易시장 중에서 자료가 구비된 시장을 선택하여 정리하였음.

3.2. 바이오에너지의 활용 전망과 과제

3.2.1. 전망

- 중국의 에너지 소비는 우려할 만한 수준으로 증가하고 있음. 세계 전체 1차 에너지 소비량 중에서 미국의 소비량은 절대적으로는 높은 비중을 차지하고 있으나 상대적으로는 감소하고 있는 반면 중국의 소비량은 절대적으로나 상대적으로 모두 빠른 속도로 증가하고 있음.

표 6-15. 세계 주요국의 1차에너지 소비실태

단위: 백만 톤

	세계 전체 소비량	미국		중국		일본		한국	
		소비량	비중 (%)	소비량	비중 (%)	소비량	비중 (비중)	소비 량	비중 (비중)
1965	3,863	1,324	34.3	182	4.7	149	3.9	6	0.2
1970	5,016	1,651	32.9	233	4.6	281	5.6	14	0.3
1975	5,776	1,692	29.3	338	5.9	330	5.7	23	0.4
1980	6,629	1,813	27.3	416	6.3	357	5.4	39	0.6
1985	7,166	1,767	24.6	533	7.4	370	5.2	53	0.7
1990	8,120	1,967	24.2	685	8.4	434	5.3	90	1.1
1995	8,568	2,120	24.7	916	10.7	494	5.8	149	1.7
2000	9,285	2,312	24.9	967	10.4	515	5.5	191	2.1
2005	10,537	2,337	22.2	1,554	14.7	525	5.0	225	2.1
1인당 소비량(Kg)	1,637	7,882		1,191		4,102		4,658	

주: 여기서 일차에너지라 함은 상업적으로 거래된 연료만을 의미함. 따라서 많은 개도국에서 실제로 연료로 사용하고 있는 목재, 토탄(peat), 동식물 부산물 등은 제외되었고, 풍력, 지열, 태양열, 생물체 연료 등도 제외되었음.

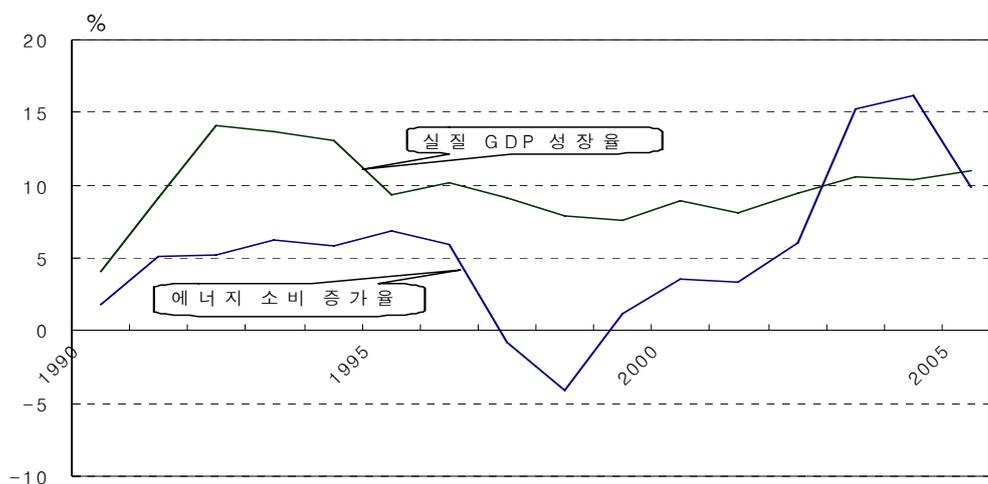
자료: 에너지 통계자료는 BP Statistical Review(2006), 인구통계자료는 The World Bank Group(2006)에서 정리한 것임.

- 1인당 연간 에너지 평균 소비량은 세계전체 1,637kg, 미국 7,882kg, 중국 1,191kg, 일본 4,102kg, 한국 4,658kg 등으로 나타났음. 2005년 중국 1인당 에너지 평균 소비량은 세계 전체의 평균 수준에 못 미치고 있을 뿐만 아니라 미국의 1/7 수준, 한국과 일본의 1/4 수준에 불과함.

- 중국의 10·5 계획(2001~2005) 기간 중의 에너지 소비 탄력성 계수는 무려 1.0임. 이는 경제성장률과 같은 속도로 에너지 소비 증가가 이루어졌다는 것을 의미함으로 중국 정부는 에너지 소비의 증가에 긴장하고 에너지 확보를 국가의 최우선 정책 과제로 선정하고 있음.
- 국제에너지기구(IEA)의 전망에 따르면 2004년 16억 TOE(ton of oil equivalent)를 기록했던 중국의 에너지 수요는 2030년 34억 TOE를 기록할 것으로 전망하고 있음. 이는 전 세계 에너지 수요의 20%에 해당하는 수준임.
 - 2030년까지 연평균 에너지 수요 증가율 전망을 보면 중국이 2.9%, 북미 평균 1.0%, OECD 평균 1.9%, 인도 2.6%, 브라질 2.2%, 러시아 1.1% 등으로 예측됨.
- 중국의 에너지 수요 증가세가 과거 보다는 다소 둔화될 전망이지만 세계 다른 국가에 비하면 아직도 매우 높은 수준임을 알 수 있음.
 - 분야별 수요를 살펴보면 산업용 수요가 47%, 상업·거주용 수요가 30%, 수송 관련 수요가 19% 등이며, 에너지원 중 석탄 의존도는 61%로 전망하고 있음.¹⁰⁶ 즉, 중국의 에너지 소비는 꾸준히 증가할 것이며, 소비구조에도 큰 변화가 없을 것으로 전망됨.
- 에너지 수요가 증가하고 환경문제가 심각해질수록 바이오에너지에 대한 중국 정부의 노력도 증가할 것임. 중국 정부는 많은 어려움에도 불구하고 바이오에너지 산업의 미래가 밝다고 전망하고 있음. 일반적으로 바이오매스 활용의 장점으로 에너지 공급원의 확대, 환경오염 저감, 농업부문 부가가치의 증가, 생명공학의 발전 등이 거론됨.

106 이인재(2007), p.45.

그림 6-3. 경제성장과 에너지 소비 추이



자료: 『中國統計年鑒』, 2006.

- 반면 바이오매스 산업 발전의 저해 요인으로 식량수급에 미치는 악영향, 고비용 구조, 기술적 난관 상존 등이 지적되고 있음. 중국의 경우 흔히 언급되고 있는 이러한 저해 요인은 오해에 불과하며 충분히 극복할 수 있는 여건이라고 주장하고 있음.¹⁰⁷
- 중국 정부가 바이오에너지의 공급 확대를 위해 노력하고 있고, 또 바이오에너지 관련 산업의 잠재력도 있으며, 미래가 밝다고 주장하고 있지만 현실적 실현 가능성에 대해선 많은 의문이 제기됨.
 - 그 대표적인 예로서 에탄올 생산의 경우임. 에탄올 생산은 에너지 공급의 증가와 환경오염의 감소라는 두 목표를 동시에 달성할 수 있기 때문에 많은 선진국에서 기술개발에 열중하고 있음.
 - 중국도 예외가 아니지만 중국 과학계의 전망에 따르면 당분간 에탄올 생산량을 크게 증가시키는 것은 에탄올 생산의 증가에 따른 반대급부로서 너무 커 기대하기 어려움.¹⁰⁸

107 科技日報(2007.1.25)

108 科技日報(2007.1.25)

- 중국의 현재 기술수준에서 에탄올 1톤을 생산하기 위해선 약 3.5톤의 식량 작물이 필요하고, 동시에 에탄올을 발효시키고 탈수하는 과정에서 0.5~0.8톤의 석탄이 소요됨.
 - 이 같은 계산 방법에 따르면 1천만 톤의 석유를 대체하기 위해 식량작물 약 5천만 톤이 소요되므로 2005년 석유 소비량 3.3억 톤의 3%를 대체하기 위하여 총 식량생산량의 10%를 포기해야 함.
 - 중국은 식량사정이 넉넉하지 못한 국가이므로 바이오에너지 생산의 중요성을 인식하는 것과 실제로 바이오에너지 생산에 진력하는 것은 차이가 있을 수 있음.

- FAO의 최근 보고서¹⁰⁹는 2006~2016년 기간 중 중국의 연간 에탄올 생산량을 20억 리터에서 38억 리터까지 증가할 것으로 전망하고 있음. 중국은 미국이나 EU, 브라질 등에 비한다면 바이오에탄올 생산 전망이 밝다고 할 수 없지만 중국 정부의 재생 가능 에너지에 대한 강조, 국제 사회가 중국에 대해 가하는 환경오염에 대한 압력 등으로 미루어 볼 때 중국의 바이오매스 활용에 의한 에너지 생산은 증가할 전망이다. 그러나 기술적 어려움과 경제성을 고려할 때 급격한 증가는 기대하기 어려울 것으로 전망됨.

- 중국 정부는 세계 바이오매스 자원 부존량의 약 70%가 중국 농촌에 있을 것으로 추산하고 있음. 이렇게 풍부한 자원을 어떻게 활용할 수 있을지는 기술적·경제적 고찰이 뒷받침 되어야 하겠지만, 대부분의 연구결과는 바이오에너지의 사용량이 에너지 총 사용량의 20% 안팎이 될 것으로 예측하고 있음.¹¹⁰

- 예측 결과에 의하면 농촌에서 일반 에너지의 비중은 약간 감소하고, 전통적

109 FAO(2007. 4)

110 中國投資諮詢網(2007), p.6.

인 생활용 바이오에너지의 수요는 크게 감소하며(2050년 0.7% 미만), 반면 현대적 기술에 의한 재생 가능 에너지의 수요는 크게 증가(2050년 21.5%) 할 것으로 전망됨.

표 6-16. 중국 농촌의 에너지 수요구조 전망

단위: %

		2010년	2020년	2050년
일반 에너지	석 탄	52.3	51.0	46.0
	전 기	19.0	20.6	21.4
	석 유	9.4	10.3	10.4
	합 계	80.7	81.9	77.8
생활용 바이오에너지		11.0	4.8	0.7
현대적 재생 가능 에너지		8.3	14.3	21.5

자료: 中國投資諮詢網(2007), p.6.

3.2.2. 과제

- 농촌에서 바이오에너지 자원이 에너지 공급원으로서 증가하긴 하지만 농촌 에너지 총 사용량이 워낙 큰 폭으로 증가하기 때문에 농촌의 에너지 공급원으로서 바이오에너지의 비중은 시간이 흐를수록 작아짐.
- 최고의 행정 집행기관인 중국의 국무원, 농업부를 비롯한 산하 정부기관, 연구소, 언론 등 중국의 모든 에너지 관련 당사자들은 바이오에너지의 중요성을 강조하고 있음. 바이오에너지 관련 각종 프로젝트가 진행되고 있고, 시범지역을 중심으로 정부의 지원도 이루어지고 있으나 바이오에너지의 발전과 보급을 위해서 아직 해결해야 할 과제가 적지 않게 산적해 있음¹¹¹.
- 첫째, 바이오에너지 개발과 관련된 각종 구상, 추진방법 등을 보다 구체적이고 현실성 있게 정비해야 할 필요성이 있음. 아직 바이오매스 자원에 대한

111 中國 農業部a(2007.7.5), pp.43~44.

전국적인 분포나 잠재력에 대한 자료도 정비되어 있지 않고, 바이오매스 자원별 기술개발 수준과 경제성 분석도 미흡한 실정임.

- 둘째, 자주적인 기술개발에 더 많은 투자가 이루어져야 할 시점임. 단수수, 카사바, 사탕수수 등 에탄올 생산의 원료 작물만 하더라도 우량품종의 개발이 미흡하고 과학적인 식재가 이루어지지 않고 있음. 발효과정에서의 발효균 배양 기술과 폐잔재물 및 폐수의 회수 기술도 아직은 낙후 상태에 있음. 정부는 짚을 이용한 가스 생산에서도 고정형 연료 응용 시스템을 개발하고 있으나 이 기술은 스웨덴, 덴마크, 오스트리아 등에서 이용하고 있는 미세과립형 기술에 비해 효율성이 현저히 떨어짐. 바이오에너지 개발을 위한 자주적인 기술 확보에 관심과 투자가 절실히 요청되는 시기임.
- 셋째, 바이오에너지의 바람직한 발전을 위해선 바이오에너지의 생산비가 너무 높다는 단점을 반드시 극복해야 함. 중국의 경우 2007년 기준 화석연료 생산비가 대략 톤당 3,300위안인데 비해 단수수와 카사바를 이용한 에탄올 생산비는 톤당 4,000위안을 능가함. 따라서 생산비 절감을 위한 노력이 이루어지지 않으면 바이오에너지의 발전을 기대하기 어려움.
- 넷째, 정부의 정책적 지원이 더욱 절실히 요구됨. 정부가 ‘재생가능에너지법’을 제정하여 반포했음에도 불구하고 아직 제도적으로 불충분한 점이 많음. 재정지원에 대한 구체성이 결여되어 있고 시장개방에 대한 대응책도 보이지 않으며, 비식량 작물을 바이오에너지의 연료로 사용토록 하는 정부의 장려책도 없음. 바이오에너지 관련 정책 기구도 각 부처에 난립해 있는 실정이고, 특히 바이오에너지의 상업화가 보편화 되지 않은 시점에서 기업은 초기 단계의 투자에 소극적일 수밖에 없음. 장기적으로 연료원 개발이 가능한 정책적 지원이 절실히 요구됨.
- 다섯째, 바이오에너지 생산 기업의 합리적 경영이 필요함. 바이오에너지의

원천인 농림산물은 생산의 계절성을 피하기 어렵고, 최근 일부 기업에서 이 점을 고려하지 않아 원료수급에 어려움을 겪고, 심지어 시장 왜곡현상까지 발생한 적이 있음. 바이오에너지의 생산기업은 수출입까지를 포함한 합리적 원료수급 계획을 수립하여 운용해야 할 것임.

4. 시사점

- 에너지원의 확보가 점점 심각한 상황에 이르고 국제 유가가 날로 급등하는 상황에 처하게 된 가장 큰 원인이 중국 때문이라는 것은 주지의 사실임. 중국은 1978년 개혁·개방을 표방한 이래 오늘에 이르기까지 연평균 10%에 이르는 경제성장을 지속하고 있음. 그 결과 한 편에선 ‘세계의 공장’이라는 미명을 얻으면서 국민소득이 증가하고 있지만, 그 이면에는 에너지를 포함한 원자재 소비의 블랙홀이며, 환경오염의 주범이라는 오명까지도 수반하고 있음. 이러한 오명을 씻기 위해 중국은 국내적으로 에너지 절약, 재생에너지의 활용, 에너지 효율성 제고, 에너지 산업의 구조조정 등 많은 노력을 기울이고 있음.
- 중국의 에너지 수급 동향과 특징, 바이오에너지 활용 현황, 영향, 전망 등에 의거하여 우리에게 주는 시사점을 정리하면 다음과 같다. 첫째, 중국의 지속적인 성장정책과 에너지 소비 증가는 불가피한 현상으로 보이고, 중국 국내의 에너지 공급원의 개발이 거의 한계에 다다랐고, 대체 에너지의 사용도 획기적으로 증가하기는 어려운 실정임.
 - 중국의 에너지 수급 불안정은 곧 세계 에너지 시장의 불안정 및 에너지 가격 상승을 의미하고, 이는 우리나라의 에너지 수급과 물가의 불안정을 의미함. 우리나라의 에너지 자립도는 18%에 불과하여 국제 에너지 시장에서 불안요인이라도 발생한다면 우리나라 경제에 직접적인 충격으로 작용할

것임. 따라서 에너지 안보의 중요성을 고려하여 대내적으로 에너지 소비의 효율성을 높일 수 있는 방안을 추진함과 동시에 중국의 시장교란 요인을 항시 점검할 필요가 있음.

- 둘째, 중국의 에너지 소비 증가와 함께 심각한 양상으로 전개되고 있는 환경오염에 주목할 필요가 있음. 중국 정부는 환경영향평가법의 시행, 중점관리지역 오염 방지 대책 등 오염감소를 위해 국가적 차원에서 노력하고 있으나 대부분의 오염관련 지표가 보여주듯이 그 성과는 미미하며, 중국의 환경문제는 이제 중국만의 문제가 아님.
- 셋째, 중국의 바이오에너지 정책에 대해서도 관심을 소홀히 할 수는 없음. 중국 정부는 대체에너지로서의 역할과 환경오염의 방지를 위해 바이오에너지의 개발을 적극 장려하고 있고, 바이오에너지의 생산과 관련된 중장기적인 목표를 설정하여 각종 정책을 추진하고 있는 것도 사실임. 그러나 대부분의 바이오에너지가 농산물을 주 원료로 사용하고 있다는 점을 간과해서는 안됨.
 - 만약 바이오에너지 생산 때문에 중국 국내의 농산물 가격이 상승한다면 중국 정부는 언제든지 국내 유통은 물론 수출에 대해서도 통제를 가할 것이므로 우리나라가 대중 수입농산물에 크게 의존하고 있는 실정에서 중국의 수출입 통제는 곧 우리나라 국내의 농산물 수급 및 가격 안정에 부정적 영향을 미칠 것은 분명함.

부표 1. 브라질 알코올 개발 5단계

제 1기: 초기단계(1975~1979년)
<p>가솔린과의 혼용을 위한 무수알코올 생산에 주력 알코올 생산, 1975년/76년 6억ℓ에서 1979/80년 34억ℓ로 증가 1978년 알코올로 운행된 차량 최초로 출시</p>
제 2기: 확인단계
<p>1979~80년 제2 석유위기로 석유가격 3배 증가, 1980년 알코올프로그램(Proálcool) 채택 국가알코올자문위(CNAL) 및 국가알코올집행위(CENAL) 창설 총 승용차 중 알코올 혼합유 사용 승용차 비율이 1979년 0.46%에서 1980년 26.8%로 증가하고 1986년에는 76.1%에 도달함.</p>
제 3기: 침체기((1986년~1995년)
<p>1986년 국제 석유가가 배럴당 US\$ 30~40에서 12~20\$로 하락 대체에너지 생산 프로젝트들에 대한 투자, 현저히 감소 1985년 알코올 혼합유 사용 차량이 95.8%에 달하고 알코올 수요가 급증하여 알코올 공급 부족, 국제 석유가 인하에 따른 알코올 가격 하락으로 알코올 생산 증가 둔화 반면, 저렴한 에탄올 가격 및 알코올 사용 차량에 대한 세제혜택으로 알코올 수요는 계속 증가 1989/90년 수확기에 알코올 공급 위기 발생 - 함수 알코올과 유사한 기능의 MEG혼용유(무수알코올 60%, 메탄올 34% 및 가솔린 6%) 사용 도입 알코올 및 메탄올 사용 보장을 위해 1989~1995 기간 중 10억 리터 이상의 알코올과 메탄올 수입, 설탕의 수출을 억제하는 해프닝 발생(설탕 수출 1985/86년 190만톤에서 1989/90년 110만톤으로 감소) 알코올 수급 위기는 브라질 알코올프로그램(Proálcool)에 대한 신뢰하락과 알코올의 사용 감소를 초래 1990년대초 국제유가 하락, 자동차 시장개방에 따른 가솔린 및 디젤 전용 차량 수입 증가, 가솔린 전용 '국민차' 생산도 알코올 전용 차량 생산 감소에 일조</p>
제4기: 제도입기
<p>무수알코올 및 유수알코올 생산, 분배 및 재판매 분야 시장 개방, 수급에 따라 가격 결정 알코올 수출에 긍정적 반응을 보이자 브라질 정부는 새로운 설탕과 알코올 정책 수립을 위해 1997.8.21 국가설탕 및 알코올 자문위(CIMA) 설립 공용차량 및 택시에 대해 무수알코올 사용을 독려하는 "환경차량"정책 채택 1998.5.28, 임시조치 1,662호로 가솔린에 22~25%까지 무수에틸알코올(에탄올) 혼용의무화 알코올 프로그램 시행 초기에는 가솔린, 디젤 및 윤활유 판매 대금의 일부를 알코올 생산자들에게 이전 주유소에서 판매하는 무수알코올과 가솔린간 가격 차등 정책 채택</p>
현재
<p>재생에너지 대량 공급을 위한 사탕수수 재배 확장(상파울루, 북동부 등 기존의 사탕수수 경작지역을 넘어 사바나 지역까지 사탕수수 재배 확장 정부보다는 민간 주도하에 알코올 정제소 건설 성행 2003.3 자율연료 자동차(FVV) 생산기술 개발: 현재 전 차종 FFV판매 및 동 FFV차량 판매가 가솔린 전용 차량 판매 추월</p>

부표 2. 브라질 오일팜 생산비용

단위: R\$/ha

	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년 이후
묘목	1,015						
도양준비	200						
비료	500	700	700	800	900	1,000	1,000
방역	50	40	40				
노동력	40		40	80	160	250	300
수확기공정				200	400	625	750
합 계	1,805	740	780	1,080	1,460	1,875	2,050

자료: Conab

부표 3. 브라질 오일팜 수익

	1년차	2년차	3년차	4년차	5년차	6년차	7년차	9~16년	17~25년
	재식기			생산증진시기				생산최대	생산감소
	비상업화시기			상업화시기					
수확량 (톤/ha)				8	16	25	30	30	30-8
총수익 (R\$/ha)				1,080	1,460	1,875	2,050	2,050	
생산가 (R\$/ha)	1,805	740	780	1,224	2,448	3,825	4,590	4,590	
이득 (R\$/ha)	-1,805	-740	-780	144	988	1,950	2,540	2,540	
합 계	-1,805	-2,545	-3,325	-3,181	-243	-243	2,297		

자료: Conab

부표 4. 브라질 주요 원료작물에 대한 종합 평가

	아주까리	오일팜	대두	해바라기	유채
재배기간	240일	25년	90일	130일	100일
권장지역	동북부	북부	중서부, 남부	동남/남/중앙	동남/남/중앙
수확량 (톤/ha)	1.2	20.0	3.0	1.8	1.5
재배비용 (R\$/ha)	688.80	2,080.00	1,364.80	1,052.30	-
기름함량 (%)	45-50	20	18-21	42	40-45
기름생산 (톤/ha)	0.6	4.0	0.6	0.81	1.0
특성	<ul style="list-style-type: none"> ·한발에 강함 ·동북부 재배 	<ul style="list-style-type: none"> ·강수량 많은 지역 ·전국에서 소비 ·기름생산량 높음 	<ul style="list-style-type: none"> ·재배기술 확립 ·전 세계적으로 상업화 ·생산량 다대 	<ul style="list-style-type: none"> ·간작기 생산가능 ·윤작재배 가능 ·다수의 부산물 ·관리용이 	<ul style="list-style-type: none"> ·추위에 저항성 ·윤작재배 가능
문제점	<ul style="list-style-type: none"> ·기름농도 높음 ·재배기술미비 ·타 부문에서 기름이용 ·단기 생산 증대 어려움 ·대규모 생산 인프라 부재 ·독성 	<ul style="list-style-type: none"> ·재배 시설구축 3년 소요 ·재배기술 미비 ·기초조사 부재 ·단기 생산증대 불가 ·대량생산 인프라 부재 ·많은 물 필요 ·초기투자 다대 ·수확후 24시간내 가공필수 	<ul style="list-style-type: none"> ·대규모 재배 필수 ·소규모 생산자 참여불가 ·식용소비 다대 	<ul style="list-style-type: none"> ·정보가 부재 ·새 피해 ·재배기술 미비 ·유전개량 미비 ·이모작물 ·상업화체계 미비 	<ul style="list-style-type: none"> ·정보 부재 ·재배기술 미비 ·온대기후 재배 ·상업화체계 미비

부표 5. 아르헨티나 작물별 바이오디젤 생산 잠재성

작물	생산성(kg/ha)	기름 함유도(%)	생산성(기름kg/ha)	바이오디젤 리터/ha
코코테로	19,200	14	2,728	2,816
자트로파	4,000	30	1,200	1,239
피마자	2,300	45	1,035	1,068
해바라기	1,950	45	878	906
유채	1,800	40	720	743
대두	2,700	18	486	502
잇꽃	1,100	35	385	397

자료: 아르헨티나 농축수산물식품차관실, 2007년

참고 문헌

- 강창용 외. 2006. 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략(1/2차 연도)」. 연구보고서 523. 한국농촌경제연구원.
- 농수산물유통공사 농수산물무역정보. <www.kati.net/web_trade/jsps/tr/>.
- 박현태 외. 2007. 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략(2/2차년도)」. 연구보고서 545. 한국농촌경제연구원.
- 성명환. 2007.7. 세계 곡물가격 동향. 한국농촌경제연구원.
- 외교통상부 남미자원협력센터. 2007a. 「아르헨티나의 바이오에너지 정책과 개발 및 생산 현황」.
- 외교통상부 남미자원협력센터. 2007b. 「브라질 바이오에너지 정책 및 개발 생산 동향」.
- 이인재. 2007.7. “에너지 문제 해결에 고민하는 중국.” 「CHINDIA Journal」. vol.11. POSRI.
- 中國投資諮詢網. 2007. 中國生物質能利用行業分析及投資諮詢報告. 深圳市萬瑞信息諮詢有限公司.
- 周愛明 외. 2005. 綜合能源生態系統對中國農村地區經濟. 能源. 生態環境與衛生健康的影響評價及其成功推廣的對策研究. Center for Energy and Environmental Policy. University of Delaware.
- 國家發展和改革委員會. 2007.4. 能源發展“十一五”規劃.
- 國家發展和改革委員會. 2007.2.25. 農村生物質能利用大有可為. <www.ndrc.gov.cn/zjgx/t20070225_11794.htm>
- 國家發展和改革委員會. 2007.5.31.2006 生物產業發展情況及2007年政策建議. <www.ndrc.gov.cn/jjxsfx/t20070531_138979.htm>.
- 國家發展和改革委員會. 2007.6.6. 美國發展生物燃料生產引發玉米價格暴漲玉米播種面積增加. <www.ndrc.gov.cn/jggj/jggk/t20070606_139869.htm>.
- 中國 農業部a. 2007.7.5. 農業生物質能產業發展規劃(2007~2015). <www.agri.gov.cn/xxlb/>.
- 中國 農業部b. 2007.7.5. 下半年玉米市場如何變幻. <www.agri.gov.cn/fxycpd/ls/t20070705_847434.htm>.
- 中國 農業部 價格行情. <<http://agri.gov.cn/jghq/ly/>>.
- American Coalition for Ethanol. Fuel Economy Study- Comparing Performance and Cost of Various Ethanol Blends and Standard Unleaded Gasoline. 2005. <www.ethanol.org>.
- Biomass Reserch & Development Technical Advisory Committee. 2002. *Vision for*

Bioenergy and Biobased Products in the United States.

- Energy Information Administration. *Monthly Energy Review*.
- Energy Information Administration. 2003. *Renewable Energy Annual 2002*.
- Eurostat yearbook 2006-2007. 2007. *In the Spotlight-Energy*. <<http://epp.eurostat.ec.europa.eu>>.
- GSI. October 2007. *BIOFUELS - AT WHAT COST*. Government support for ethanol and biodiesel in the European Union.
- IEA(International Energy Agency). 2006. "Key World Energy Statistics." <www.iea.org/textbase/nppdf/free/2006/key2006.pdf>.
- IMPLAN. 2002. *Regional input-output impact estimator*. 2002 data(원전)
- John M. Urbanchuk. An Economic Analysis of legislation for a Renewable Fuels Requirement for Highway Motor Fuels. Nov. 2001.
- John M. Urbanchuk. An Economic Analysis of Legislation for a Renewable Fuels Requirement for Highway Motor Fuels. AUS Consultants. November 2001
- John M. Urbanchuk. Contribution of the Ethanol Industry to the Economy of the United States. LECG. Feb. 21. 2006.
- John M. Urbanchuk. Economic Impact of an 8 billion gallon by 2012. Memorandum. LECG. May 23. 2006
- John M. Urbanchuk. Jeff Kapell. Ethanol and the local community. June. 2002.
- Kevin Latner. Owen Wagner and Jiang Junyang. 2007. "China. Peoples republic of Bio-Fuels Annual 2007." USDA/FAS Gain Report CH7039.
- Li Jingjing. Zhuang Xing. Pat Delaquil. Eric D. Larson. 2001. Biomass energy in China and its potential. *Energy for Sustainable Development*. Vol V No.4. Dec. 2001. Princeton Univ.
- Nat'l Biodiesel Board. May 9. 2007. NEWS(for immediate release).
- OECD-FAO. 2007. *Agriculture Outlook 2007-2016*.
- Randall M Stuefen. The Economic Impact of Ethanol Plants in South Dakota. Dec. 27. 2005
- RFA. Feb. 2006. *From Niche to Nation- Ethanol Industry Outlook 2006-*.
- RFA. Industry Statistics. <<http://www.ethanolrfa.org/industry/statistics/#G>>.
- State of Renewable Energies in Europe: 6th Report (EurObserv'ER. 2006)
- Yuan Zhenhong. 2001. *Research and Development on Biomass in China*. China Biomass Development Center. Beijing.
- <www.ethanol.org>.
- <www.dtnethanolcenter.com>.

연구자료 D238

주요국의 바이오에너지 개발 및 보급 동향

등 록 제6-0007호(1979. 5. 25)

인 쇄 2008. 3.

발 행 2008. 3.

발행인 최정섭

발행처 한국농촌경제연구원

130-710 서울특별시 동대문구 회기동 4-102

02-3299-4000 <http://www.krei.re.kr>

인 쇄 (주)문원사

02-739-3911~5 <http://www.munwonsa@chol.com>

- 이 책에 실린 내용은 한국농촌경제연구원의 공식 견해와 반드시 일치하는 것은 아닙니다.
 - 이 책에 실린 내용은 출처를 명시하면 자유롭게 인용할 수 있습니다. 무단 전재하거나 복사하면 법에 저촉됩니다.
-