

K

# 아프리카 바이오에너지 개발 잠재력 및 발전 전망

I

박영호 · 허윤선

E



P

---

대외경제정책연구원은 우리나라 경제의 국제적인 발전과 능동적인 대외경제외교 추구를 뒷받침할 연구조사 수행을 목적으로 1990년 1월 정부출연연구기관으로 발족하여 국제거시금융, 무역투자정책, 대외경제관계 및 APEC 발전대책, 새로운 시장지역 여건, 동북아경제협력 및 통일 관련 국제협력 등에 걸친 다각적인 연구활동을 수행하고 있습니다.

이를 위해 본원은 국제거시금융실(국제거시팀, 국제금융팀), 무역투자정책실(WTO팀, FTA팀, APEC연구 컨소시엄사무국), 세계지역연구센터(중국팀, 일본팀, 유럽팀, 미주팀, 동서남아팀, 아·중동팀, 지역연구 협력팀, 중국 권역별·성별 연구단), 국제개발협력센터(개발협력팀, 동아시아협력팀, 통일국제협력팀)를 두고 있으며, 북경사무소와 워싱턴 소재 한국경제연구소(KEI)를 두고 있습니다.

본원의 연구결과는 다양한 형태로 정책담당자, 공공기관, 유관연구기관 등에 반년간 『대외경제연구』 (한국학술진흥재단 등재지), 웹진 「오늘의 세계경제」 등의 형태로 발간되고 있습니다. 연구원의 새로운 연구 성과는 KIEP 홈페이지(<http://www.kiep.go.kr>)를 통해 공개되고 있습니다.

원장 채 욱

**對外經濟政策研究院**  
**KOREA INSTITUTE FOR**  
**INTERNATIONAL ECONOMIC POLICY**

137-747 서울시 서초구 양재대로 108  
TEL : 02) 3460-1178, 1179 / FAX : 02) 3460-1144  
URL : <http://www.kiep.go.kr>

---

연구자료 10-08

# 아프리카 바이오에너지 개발 잠재력 및 발전 전망

박영호 · 허윤선

연구자료 10-08

아프리카 바이오에너지 개발 잠재력 및 발전 전망

인쇄일 2010년 11월 4일

발행일 2010년 11월 9일

발행인 채 욱

발행처 대외경제정책연구원

주 소 137-747 서울특별시 서초구 양재대로 108

전 화 02) 3460-1178, 1179

팩 스 02) 3460-1144

인쇄처 (주)현대애드컴 ☎ 02-2275-8125

등 록 1990년 11월 7일 제16-375호

©2010 대외경제정책연구원

정가 7,000원

ISBN 978-89-322-2181-6 94320

978-89-322-2064-2(세트)

**KIEP 대외경제정책연구원**

<http://www.kiep.go.kr>

## 아프리카 바이오에너지 개발 잠재력 및 발전 전망

박영호 · 허윤선

선·후진국을 막론하고 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 에너지원 개발이 주요 과제로 추진되고 있다. 국제유가가 2000년대 초반 이후 높은 수준을 유지해오고 있고, 앞으로도 하락보다는 상승기조가 지속될 가능성이 더 클 것으로 전망됨에 따라 대체에너지 개발이 더욱 탄력을 받고 있다. 여기에 환경문제가 국내 및 글로벌 이슈로 부각되면서 친환경 에너지로서 대체에너지 개발이 각광받고 있다.

대체에너지에는 여러 종류가 있는데, 태양광, 풍력 등과 함께 석유를 대신할 수 있는 주요 에너지로 바이오에너지가 주목받고 있다. 바이오에너지는 아프리카, 특히 사하라이남아프리카 지역에서 차세대 에너지원으로 그 중요성이 강조되고 있다.

아프리카에서 바이오에너지 개발의 가장 큰 의의는 심각한 전력난 해소에 있다. 아프리카는 세계에서 가장 어두운 대륙으로 인구의 절반 이상이 전기를 사용하지 못하는 절대적인 에너지 빈곤상태에 빠져 있다. 아프리카의 전력부족문제는 단순히 산업적 영역을 뛰어넘어 보건, 교육 등 사회 전 분야에 걸쳐 빈곤을 더욱 악화시키고 있다. 발전소 건설 등 전력공급 확충을 위한 노력이 시도되고 있으나 그 효과가 미미하여 단기간 내에 전력문제가 해결될 가능성이 높지 않다. 바이오에너지를 개발하여 이

를 이용하게 되면 기존 전력에 대한 의존도를 줄일 수 있어 에너지원의 다변화가 가능하다.

바이오에너지는 특히 인구의 70% 이상이 살고 있는 농촌지역의 1차 에너지원으로서 전력문제를 해결할 수 있는 효과적인 대안이라고 할 수 있다. 인구밀도가 낮고 제반 인프라가 극히 열악한 아프리카의 농촌현실을 감안할 때 농촌지역으로까지의 송배전망을 구축한다는 것은 비현실적이므로 해당 지역에서 에너지를 생산하고 사용하는 바이오에너지 개발이 각광받고 있다.

아프리카 바이오에너지 개발의 또 다른 의의는 환경과 보건적인 측면에서 찾을 수 있다. 전력사정이 극히 열악하여 5.5억 명의 아프리카 인구가 나무 등과 같은 재래 에너지원에 의존하며 살아가고 있는데, 이에 따라 산림파괴가 예상보다 광범위하게 진행되고 있는 것으로 나타나고 있다. 아프리카의 산유국들조차 원시적인 바이오매스 자원에 과다하게 의존하고 있다. 산림파괴와 이에 따른 환경문제는 채취경제에 의존하고 있는 아프리카에 더욱 많은 피해를 야기시키고 있다. 또한 과다한 바이오매스 이용에 따른 실내공기 오염으로 많은 여성과 아동이 호흡기질환으로 고통받고 있다.

바이오에너지 개발은 고유가에 따른 에너지원의 다변화와 환경보호 이외에도 농촌지역의 소득증대를 창출할 수 있는 수단으로 기능할 수 있다. 바이오에너지는 아무래도 농촌지역의 토착에너지원(indigenous energy sources)을 활용하는 것인 만큼 생산, 가공처리, 수송, 교역 등의 과정을 통해 직·간접적으로 농촌지역의 소득증대와 일자리 창출과 연결될 수 있다. 브라질은 바이오에탄올과 바이오디젤 등 바이오에너지의 대량생산과 소비를 통해 화석연료에 대한 의존도를 낮추어어나가고 있을 뿐만 아니라 고용창출과 농가소득 향상 등의 성과를 얻고 있다.

아프리카는 광범위한 유향 농경지와 풍부한 노동력을 가지고 있어 다

른 어느 지역보다 바이오에너지 개발 잠재력이 높은 것으로 평가되고 있다. OECD 보고서에 따르면 2050년 아프리카가 전 세계 바이오에너지 작물 재배면적의 40% 이상을 차지할 것으로 전망되고 있다.

물론 아프리카의 바이오에너지 산업발전에는 적지 않은 장애요인과 과제가 남아 있다. 남아공을 비롯하여 탄자니아, 모잠비크 등의 아프리카 국가들은 다른 어느 개도국에 비해 일찍이 바이오에너지 산업에 관심을 보여오고 있지만, 나머지 많은 국가의 경우에는 정부차원의 전략적이고 중장기적인 계획을 찾아보기 어렵다. 브라질이 바이오에너지 개발의 선두 주자를 유지하고 있는 배경에는 기술 및 경험 축적, 상용화의 성공 및 넓은 소비시장도 있지만, 이에 앞서 체계적이고 중장기적인 바이오에너지 산업 육성정책이 자리하고 있다.

열악한 인프라도 커다란 걸림돌이다. 아프리카의 열악한 도로사정으로 인해 지역 간 이동이 용이하지 않고 이에 따라 운송비용이 매우 비싸다. 더욱이 바이오에너지의 수출은 더욱 어렵다. 높은 수송비용 때문에 바이오에너지 생산업체들은 수지타산을 맞추기 어렵다. 열악한 인프라 사정은 다른 개도국에서도 나타나는 일반적인 현상이지만 아프리카의 경우에는 그 정도가 매우 심각한 수준이다. 예컨대 일본에서 코티디부아르까지 자동차 한 대를 배로 운송하는 비용은 1,500달러인 반면에, 이를 코티디부아르에서 에티오피아까지 운송하는 비용은 무려 5,000달러를 넘고 있다고 한다. 또한 야자유를 싣고 인도네시아에서 케냐 몸바사 항구까지 가는 수송비는 톤당 40달러라고 한다. 그러나 몸바사에서 육로를 통해 우간다 수도 캄팔라까지는 톤당 100달러가 넘게 든다고 한다. 거리로 보면 1/6에 불과하지만 비용은 2배 이상 소요되는 것이다. 그리고 어떤 내륙국가에서는 수출상품을 연안지역으로까지 실어나르는 데 수반되는 운송비용이 수출가격의 무려 3/4에 해당할 정도이다. 그리고 내륙지역에서 어렵게 항구까지 상품을 운송한다고 해도 이를 선적할 항구 또한 크게 부족한 것이

현실이다. 이는 극히 열악한 아프리카 역내 인프라의 현주소를 잘 보여주는 것으로, 아프리카 수출상품의 가격경쟁력이 그만큼 취약할 수밖에 없음을 의미하는 것이다.

우리나라는 높은 농지비용과 인건비 등으로 인해 바이오에너지 원료작물을 해외에서 저렴하게 확보하는 것이 중요한데, 아프리카 진출에는 이와 같은 현지사정과 물류상의 난점이 충분히 고려되어야 한다.

개발협력(ODA) 측면에서 바이오에너지 개발이 비중 있게 다루어질 필요가 있는데 관련 산업의 동반진출협력을 고려해볼 수 있다. 예컨대 IT 협력진출(특히 농촌지역)에 있어 현실적으로 부딪치는 문제 중 하나는 통신기지국 설치, 운영, 충전 등을 위한 전력시설이 크게 부족하다는 점인데, 이때 바이오에너지 개발협력을 통해 이를 보완할 수 있다. GSMA(GSM Association), MTN, 에릭슨 등 외국 통신기업들은 무선통신 기지국을 위한 전력을 조달하기 위해 바이오연료를 이용하고 있는데, 기지국 현지에서 생산 중인 팜유, 자트로파 등 바이오연료를 활용해 전력을 공급하고 있다.

아프리카 바이오에너지 개발은 농업부문에 미칠 영향, 특히 식량문제를 고려해 신중하게 이루어져야 한다. 바이오에너지 개발은 식량문제와 상충관계에 있으므로 식용작물 재배에 영향을 미치지 않은 범위 내에서 이루어져야 한다. 사탕수수, 곡물 등과 같은 식용작물(1세대 바이오에너지 원료)을 이용한 바이오에너지 생산은 식량안보와 관련되는 문제로 광범위한 사용에는 한계가 있을 수밖에 없을 것이다. 이에 따라 최근에는 비식용 바이오매스(2세대 바이오에너지 원료)를 이용한 바이오에너지 개발의 필요성이 부각되고 있다. 이 중에서 특히 주목할 만한 바이오 작물이 바로 자트로파(*Jatropha*)이다. 자트로파는 열대 야생지역에서 흔히 발견되는 비식용작물로 황무지에서 잘 자라며 바이오디젤 원료로서의 매력이 크다. 자트로파는 아프리카의 자연여건상 대량생산이 가능하고 오일함량이 많은



관계로 차세대 바이오에너지원으로 각광받고 있다. 더욱이 간단한 기계로 농가에서 직접 오일을 짜낼 수 있는 이점도 가지고 있어 향후 아프리카에서 생산 붐이 기대되고 있다.

한편 바이오에너지 개발은 농경지 감소로 이어질 수 있다는 우려가 제기될 수 있으나, 아프리카의 광활한 유휴 토지를 감안한다면 이 같은 우려는 불식될 수 있을 것이다.

국문요약	3
-----	
제1장 머리말	15
-----	
1. 연구 배경 및 목적	15
2. 바이오에너지의 개념 및 특성	18
제2장 아프리카의 에너지 수급 현황 및 바이오에너지 개발 의의	23
-----	
1. 아프리카의 에너지 이용 실태: 전통적 바이오매스에 의존	23
2. 아프리카 바이오에너지 개발의 의의	28
가. 에너지원의 다변화: 전력난 해소	28
나. 농촌소득 증대	32
다. 환경과 보건의적 측면	34
제3장 아프리카 바이오에너지 개발 잠재력	37
-----	
1. 아프리카 바이오에너지 생산 현황 및 여건	38
가. 바이오에너지 생산 현황	38
나. 바이오에너지 생산여건: 넓은 경작지와 적합한 기후조건	42
2. 아프리카 바이오에너지 작물재배 현황	44
가. 식용작물	46

나. 비식용작물	55
3. 아프리카 바이오에너지 생산 전망	61
제4장 아프리카 주요국의 바이오에너지 개발정책	65
-----	
1. 남아공	66
2. 나이지리아	69
3. 모잠비크	72
4. 탄자니아	74
제5장 주요국의 아프리카 바이오에너지 산업 진출동향 및 전망	78
-----	
1. 개요	78
2. 주요 국가별 아프리카 바이오에너지 시장 진출동향 및 특징	83
가. 유럽	83
나. 미국	89
다. 중국	91
라. 일본	92
제6장 맺음말	94
-----	
참고문헌	99
-----	
Executive Summary	

## 표 차례

표 2-1. 아프리카의 바이오매스 사용인구	24
표 2-2. 아프리카의 에너지원별 수요 전망(1990~2015년)	27
표 3-1. 주요국의 바이오에너지 생산현황 비교(2008년 기준)	38
표 3-2. 아프리카의 주요 바이오에너지 생산 프로젝트	41
표 3-3. 바이오에너지 주요 작물의 경작조건 및 에너지효율	43
표 3-4. 바이오에너지 작물의 에너지밸런스	47
표 3-5. 아프리카 주요 국가별 사탕수수 생산 및 경작면적(2007년)	49
표 3-6. 아프리카의 주요 농산물	50
표 3-7. 아프리카의 주요 국가별 카사바 생산 및 경작지 면적(2007년)	51
표 3-8. 아프리카 주요국의 바이오에너지 생산 잠재력	62
표 3-9. 아프리카 국가들의 바이오에너지 발전 정도 비교	64
표 5-1. 유럽·아프리카 에너지 파트너십의 주요 내용	86
표 5-2. 주요 유럽기업들의 아프리카 바이오에너지 진출 현황	89
표 5-3. 주요 중국기업의 아프리카 바이오에너지 진출 현황	92

# 그림 차례

그림 1-1. 변환공정에 따른 바이오에너지 분류	19
그림 1-2. 에너지원별 대기환경 및 온실가스 배출 영향	20
그림 2-1. 지역별 바이오매스 에너지 의존도	24
그림 2-2. 아프리카 산유국의 바이오매스 의존도	25
그림 2-3. 아프리카의 바이오매스 사용인구 전망	26
그림 2-4. 빈곤과 전통적 바이오매스 에너지 사용간의 상관관계	27
그림 2-5. 개도국 지역별 전기사정(전기를 공급받지 못하는 인구) 전망	29
그림 2-6. 아프리카 국가들의 월평균 정전횟수	30
그림 2-7. 아프리카 내 기업활동의 제약요인	31
그림 3-1. 아프리카의 경작가능면적 및 경작지 현황	42
그림 3-2. 2050년 전 세계 바이오에너지 경작가능면적 전망	44
그림 3-3. 아프리카의 바이오 작물 생산 비중	45
그림 3-4. 바이오에너지 생산작물의 분류	46
그림 3-5. 아프리카 사탕수수 생산량과 전 세계에서 차지하는 비중	48
그림 3-6. 아프리카 카사바 생산량 및 전 세계에서 차지하는 비중	50
그림 3-7. 단수수의 대륙별 생산비중	53
그림 3-8. 아프리카 팜유 생산량 및 전 세계 비중	54
그림 3-9. 기름유의 대륙별 생산비중	55
그림 3-10. 원료별 바이오에너지 생산비용 비교	57

그림 3-11. 전 세계 자트로파 생산 현황	59
그림 3-12. 아프리카 면실유 생산	60
그림 3-13. 전 세계 면실유 생산비중	60
그림 3-14. 지역별 바이오에너지 생산 잠재력: 2050년 전망	62
그림 4-1. 나이지리아의 바이오에너지 정책 및 추진체계	71
그림 4-2. 모잠비크의 바이오에너지 지원행정체계	74
그림 4-3. 탄자니아의 석유소비량 및 이산화탄소 배출량	75
그림 4-4. 탄자니아 석유소비구조	75
그림 4-5. 탄자니아와 전 세계 농업생산성 비교	76
그림 4-6. 탄자니아 바이오에너지 잠재성	76
그림 4-7. 탄자니아의 주요 바이오에너지 작물 재배지	77
그림 5-1. 주요국의 아프리카 바이오에너지 진출동향 및 특징	83
그림 5-2. 아프리카의 CDM 프로젝트 구성	85

## 글상자 차례

글상자 5-1. CDM의 개요 및 동향	79
글상자 5-2. 아프리카 CDM 동향	80

# 제1장

## 머리말

### 1. 연구 배경 및 목적

경제학자나 환경전문가들은 대체에너지 개발을 사회적 후생의 관점에서 설명하고 있지만, 아프리카에서 이는 절대빈곤 해소 등 삶의 문제와 직결되는 사안이다. 아프리카의 저개발은 여러 영역에 걸쳐 고착화되어 있지만, ‘에너지 빈곤’이야말로 아프리카의 발전을 저해하는 가장 직접적인 원인이 되고 있다. 아프리카는 절대적인 에너지 빈곤에 시달리고 있는데, 현재 10억 명에 가까운 인구 가운데 절반 이상이 전기를 공급받지 못하고 있다. 아프리카의 전력생산능력(Generation capacity)은 다른 저개발국의 1/10 수준이며, 30개국에서는 잦은 정전으로 막대한 규모(GDP의 2%)의 산업손실이 발생하고 있다.

아프리카의 심각한 전력난은 산업활동을 저해할 뿐만 아니라 보건, 교육, 위생 등 기본적인 삶의 문제로까지 이어져 ‘구조적 빈곤’의 또 다른 원인이 되고 있다. 아프리카 인구의 70% 이상이 살고 있는 농촌지역의 전기사정은 더욱 열악한데, 전기가 들어오지 않아 부모들은 유용한 활동을 할 수 없고 아이들은 숙제조차 할 수 없는 것이 일반적인 현상이다. 더욱 불행한 것은

이 같은 현상이 해결되지 않을 것이라는 전망이다, 세계은행 등 국제기구와 많은 전문가는 오는 2050년에도 아프리카가 세계에서 가장 ‘어두운 대륙’으로 남아 있을 것으로 내다보고 있다.

이러한 가운데 아프리카의 에너지 빈곤을 해소할 수 있는 방안의 하나로 바이오에너지 개발이 대두되고 있다. 북아프리카와 일부 다른 지역은 태양광과 풍력 등의 대체에너지 개발 잠재력이 크지만, 사하라이남지역의 경우에는 신재생에너지 가운데에서도 바이오에너지가 활용성 측면에서 매우 적합한 것으로 평가되고 있다. 따라서 앞으로 사하라이남아프리카의 신재생에너지 가운데 가장 주목받게 될 에너지자원은 바이오에너지라고 할 수 있다. 물론 아프리카에서 바이오에너지 개발은 전기 등 기존 에너지를 대체 또는 보완한다는 데에 가장 중요한 의미가 있다. 바이오에너지 개발은 특히 농촌마을의 심각한 전력난을 해소하는 데 일정 부분 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 낮은 인구밀도, 즉 넓은 지역에 여기저기 분산되어 거주하고 있는 아프리카 농촌마을의 특성을 감안할 때 기존 방식으로 전기를 공급한다는 것은 비현실적이다.

아프리카에서 바이오에너지 개발은 국민의 건강과 생명이라는 측면에서도 그 이익이 자못 크다고 할 수 있다. 아프리카 농촌 가정에서는 요리 등을 위해 여러 바이오매스를 사용하고 있는데 이로 인한 공기오염이 매우 심각한 수준이다. 흔히 공기오염을 산업화에 따라 공장 굴뚝에서 내뿜는 연기 덩어리로 생각할 수 있지만, 아프리카에서의 공기오염은 바이오매스의 직접적인 사용에 따른 실내 공기오염을 의미한다. 바이오매스를 그대로 사용하다보니 좁고 폐쇄된 생활공간은 독성연기로 꽉 차게 되고 이로 인해 급성 호흡기 질환이 만연하고 있다.

아프리카의 바이오에너지 개발 잠재력은 결코 과소평가될 수 없다. 아프리카는 세계 최빈국이 밀집되어 있는 낙후된 지역이지만, 바이오에너지의 원료인 바이오매스 자원이 매우 풍부하게 산재해 있고 노력 여하에 따라 바이오



에너지의 획기적인 생산도 가능하다고 할 수 있다. 아직까지는 투자자금 및 기술부족 등으로 바이오에너지 생산이 초보적인 수준에 머물고 있으나 생산 잠재력은 다른 어느 지역보다 높은 것으로 평가되고 있다. 아프리카는 개발의 손길이 미치지 않은 광활한 면적의 유향 토지와 풍부한 바이오매스 자원, 바이오에너지 작물재배에 적합한 기후조건, 값싼 노동력을 가지고 있다. 또한 최근 들어 많은 아프리카 국가가 바이오에너지 개발의 필요성과 중요성에 주목하고 관련 제도 마련 등 정책적인 노력을 기울여나가고 있다. 아프리카 바이오에너지의 개발 잠재력이 새롭게 부각되면서 유럽을 중심으로 세계 주요국의 진출도 가시화되고 있다.

아프리카는 햇볕이 강하고 수자원도 풍부하므로 바이오에너지보다는 태양광이나 수력을 활용하는 것이 더 좋은 대안이 아니냐는 지적이 제기될 수 있을 것이다. 그러나 태양광에너지나 수력발전에는 많은 건설비용이 수반되므로 농촌 오지에서의 활용에는 많은 한계가 있을 수밖에 없다. 이에 반해 바이오에너지는 상대적으로 적은 비용으로 개발이 가능하기 때문에 농촌지역에서 활용성이 더 높다고 할 수 있다.

이러한 관찰을 염두에 두고 본 연구에서는 아프리카 바이오에너지의 개발 잠재력과 향후 발전 전망에 대해 살펴보고자 한다. 본 연구는 우리와의 협력 방안을 도출하기보다는 아프리카 바이오에너지 현황 및 개발 잠재력, 추진정책 등 산업 전반을 개략적으로 살펴보는 데 초점을 맞추고 있다. 우리의 대 아프리카 바이오에너지 산업 진출 또는 개발원조에서 하나의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다. 다만 언급한 바와 같이 아프리카의 바이오에너지 산업은 ‘초보적 또는 시작단계’에 있고, 따라서 관련 정보가 충분하지 않은 관계로 본 보고서에 내용을 충분히 담지 못했다. 또한 연구대상 지역이 영어권 국가로 불어권 국가들을 다루지 못한 점이 아쉬움으로 남는다. 그럼에도 불구하고 본 연구는 아프리카 바이오에너지 분야에서 선도적이라는 점에서 1차적인 의미를 둘 수 있을 것으로 사료된다.

## 2. 바이오에너지의 개념 및 특성<sup>1)</sup>

바이오에너지(bio-energy)는 한마디로 각종 변환공정<sup>2)</sup>을 통해 바이오매스(bio-mass)로부터 얻어지는 연료, 전기 등의 에너지를 말한다. 바이오매스에는 ① 옥수수, 콩, 유채 등과 같은 농업작물이나, ② 나무, 볏짚, 왕겨 등과 같은 농·임산 부산물, ③ 축산분뇨와 같은 유기성 폐기물 등이 포함된다. 따라서 유채에서 기름을 추출하여 바이오디젤을 만들거나, 옥수수의 당분을 발효시켜 알코올을 생산하거나, 축산분뇨 및 하수슬러지(하수처리과정에서 생기는 침전물)를 발효하여 메탄가스를 생산하는 것이 모두 바이오에너지에 포함되는 등 그 범위가 매우 넓다.

현재 바이오에너지는 변환시스템에 따라 바이오에탄올(Bio-ethanol), 바이오디젤(Bio-diesel), 바이오가스(Bio-gas), 바이오수소(Bio-hydrogen) 등으로 분류되고 있다. 바이오에탄올은 사탕수수나 옥수수 등에서 추출하는 연료로 주로 휘발유 자동차에 사용된다. 브라질에서는 연간 사탕수수 생산량의 절반이 바이오에탄올 생산에 사용되고 있다. 바이오디젤은 유채나 콩 등 식물에서 추출한 기름으로서 디젤(경유) 대용으로 사용된다. 우리나라와 유럽은 바이오에탄올보다 바이오디젤을 많이 사용하고 있다. 바이오가스는 축산 분뇨나 음식물쓰레기 등 유기성 폐기물이 발효될 때 생기는 메탄가스를 연소시켜 연료나 전기에너지를 얻는다. 이 과정에서 이산화탄소가 발생하기는 하지만, 이산화탄소보다 21배나 강력한 온난화 물질인 메탄가스를 연소시킴으로써 지구온난화 방지에 기여할 수 있다.<sup>3)</sup>

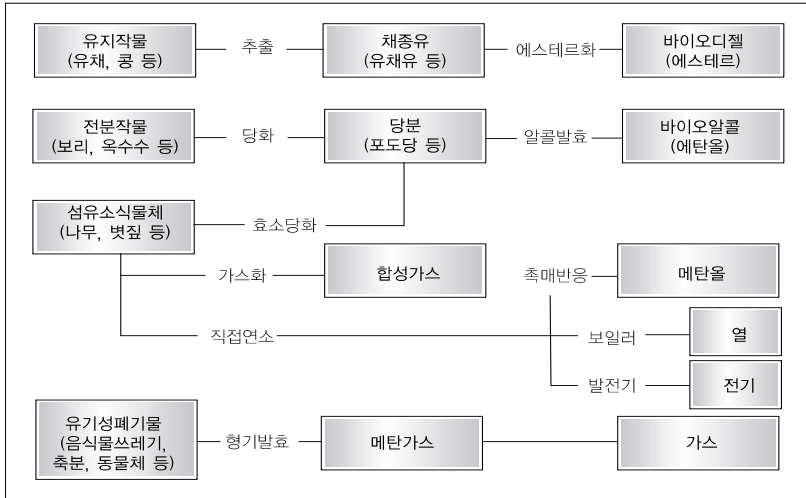
1) 미래기획위원회(2009), 『녹색생장의 길』, 중앙 Books를 비롯하여 강창용 외(2006, 11), 『농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략』, 한국농촌경제연구원, 신재생에너지센터(<http://www.energy.or.kr>) 등을 참고하였다.

2) 변환공정의 종류에는 직접연소나 가스화, 열분해 등과 같은 열화학적 공정, 발효와 같은 생물화학적 공정 등이 있다.

3) 미래기획위원회(2009), 『녹색생장의 길』, 중앙Books.

[그림 1-1]은 변환공정에 따른 바이오에너지 분류를 보여주고 있는데, 바이오에너지원의 종류가 다양하고 이에 따른 변환기술이 다양하다는 것을 알 수 있다.

■ 그림 1-1. 변환공정에 따른 바이오에너지 분류 ■



자료: 신·재생에너지센터.

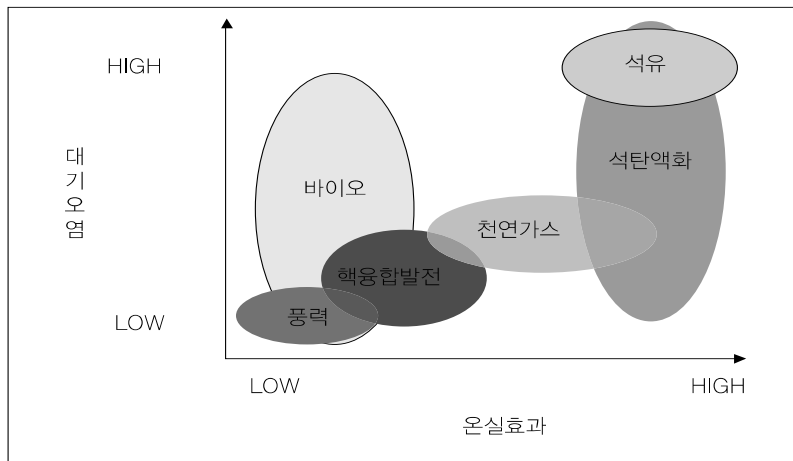
바이오에너지는 양면적이다. 즉 바이오에너지 개발은 장점과 단점을 함께 가지고 있는데 우선 긍정적인 측면을 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 바이오에너지는 바이오매스라는 고갈되지 않는 자원을 활용함으로써 지속적인 생산이 가능하다. 예컨대 나무를 벌채하더라도 수림을 새롭게 조성하면 화석연료처럼 고갈되는 것이 아니기 때문에 재생 가능한 에너지라고 할 수 있다. 일단 사용하면 재생이 불가능한 화석연료와는 달리 바이오에너지의 원료인 바이오매스는 재생성을 가지므로 자원의 고갈문제가 없다는 장점을 가지고 있다. 또한 바이오에너지를 사용할 때 발생하는 이산화탄소는 원료인 바이오매스가 자라는 과정에서 다시 흡수되므로 전주기(life cycle)

측면에서 분석하면, 이산화탄소의 배출효과가 매우 낮다는 장점을 지닌다. 또한 바이오매스 자원의 부존량이 매우 커서 전 세계 재생에너지 보급비중의 약 80%로 절대적 위치를 차지하고 있으며, 2050년경에는 전 세계 총에너지소비량의 15%를 차지할 것이라는 전망도 나오고 있다.

둘째, 바이오 연료는 ‘탄소중립적’(carbon neutral)인 친환경적인 청정에너지로 온실가스 감축과 대기오염 저감효과가 큰 것으로 평가되고 있다. 바이오매스를 정제하고 연소하는 과정에서 이산화탄소가 발생하지만 원료 작물이 이산화탄소를 흡수하기 때문에 교토의정서상의 온실가스 계산에서 예외적용을 받고 있다. 바이오에너지는 다른 신재생에너지<sup>4)</sup>에 비해 이산화탄소의 배출량이 적어 온실가스에 의한 지구온난화 방지에 실질적으로 기여하고 있는 에너지로 인식되고 있다.

■ 그림 1-2. 에너지원별 대기환경 및 온실가스 배출 영향 ■



자료: 산은경제연구소(2007), 「바이오에너지 시장동향과 대응과제」.

4) 신재생에너지는 화석연료를 대체할 수 있는 에너지로서 특히 지속적인 재생산이 가능한 에너지 자원을 지칭한다. 태양열, 풍력, 지열, 바이오에너지 등이 여기에 속한다. 재생에너지는 태양광발전, 바이오매스, 풍력, 지열, 해양에너지, 폐기물에너지 등, 그리고 신에너지는 연료전지, 석탄액화가스화, 수소에너지 등이 있다.

셋째, 바이오에너지는 열이나 전기뿐만 아니라 수송용 연료로 생산할 수 있어 고유가시대에 화석연료의 대체에너지로서의 효과가 높다고 할 수 있다. 뿐만 아니라 다른 대체 에너지에 비해 비교적 상용화가 용이하고 값비싼 변환장치 없이 에너지 개발이 가능하다는 장점을 지니고 있다.

이와 같은 여러 가지의 장점에도 불구하고 단점 또한 적지 않은데 이를 살펴보면 다음과 같다.

첫째, 바이오에너지 원료를 과도하게 채집할 경우 자원의 균형이 붕괴될 가능성을 배제할 수 없다. 예컨대 나무를 바이오에너지원으로 지나치게 활용하게 되면 산림자원이 황폐화되는 부작용이 발생할 수 있다. 따라서 바이오에너지 개발은 지속가능한 자원 채취가 전제되어야 하는 것이다.

둘째, 식량 생산과 경쟁관계에 있는 바이오연료 작물에 지나치게 의존할 경우에는 곡물가격을 상승시키는 요인으로 작용할 수 있다. 토지 이용 면에서 농업과 경합관계에 있고, 바이오에너지원에서 차지하는 식량의 비중이 높은 만큼 애그플레이션(Agflation)<sup>5)</sup>의 주범이 될 수 있는 가능성은 얼마든지 가지고 있다. 한마디로 소위 ‘먹을 것을 태워서 자동차를 굴린다’는 식의 비판에 직면할 수 있다. 미국이 옥수수를 이용한 바이오에탄올 산업을 장려하면서 국제 곡물가격이 크게 올랐던 것은 바이오에너지의 또 다른 면을 보여 주고 있는 것이다. 세계은행은 최근 식량가격 급등의 약 75%가 바이오연료 생산을 위한 에너지 농장의 확산에서 기인했을 수 있다는 보고서를 발표한 바 있다.

셋째, 바이오에너지 생산을 위한 바이오 작물의 경작지가 지나치게 확대되어 무단개간이 성행할 수 있다는 것이다. 이에 따라 산림이 파괴된다면 오히려 지구온난화에 악영향을 미칠 수 있다는 비판을 피할 수 없게 된다. 숲이 흡수하는 탄소량은 화석연료를 바이오 연료로 대체했을 때의 탄소억제량 보

5) 농업(Agriculture)과 인플레이션(Inflation)의 합성어로 농산물 가격 급등에 따른 물가상승을 의미한다.

다 2~9배의 효과가 있다고 한다. 이렇게 되면 바이오에너지가 친환경이라는 주장이 무색해질 수밖에 없게 된다. 따라서 산림을 파괴하지 않고 사막과 같이 안 쓰고 버려진 땅을 이용하는 것이 그 대안이 될 수 있다.

넷째, 바이오에너지의 원료인 바이오매스 자원이 여러 지역에 산재해 있어 채취와 수송상의 어려움이 크다는 것이다. 이에 따라 자원의 집적효과(cluster effect)나 규모의 경제(economy of scale)를 실현하기가 용이하지 않다.

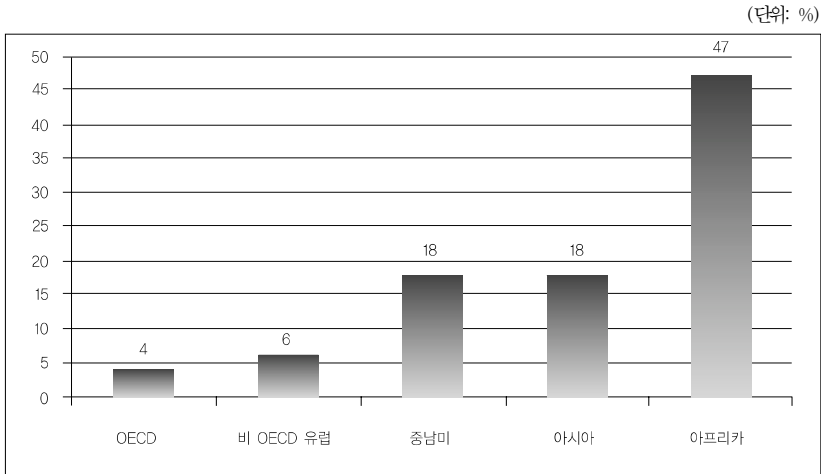
## 제2장

# 아프리카의 에너지 수급 현황 및 바이오에너지 개발 의의

### 1. 아프리카의 에너지 이용 실태: 전통적 바이오매스에 의존

아프리카의 주력 에너지원은 목재나 낙엽 등의 바이오매스를 직접 태워서 사용(주로 취사와 난방)하는 원시적인 형태를 보이고 있다. 바이오매스는 다양한 변환과정을 거쳐 새로운 에너지, 즉 바이오에너지를 생산할 수 있으나, 아프리카에서는 바이오매스를 직접 소각하여 연료로 사용하고 있다. 이에 따라 바이오매스가 전통적으로 아프리카의 최대 에너지원으로 자리매김해오고 있다. [그림 2-1]은 세계 지역별 바이오매스 사용비중, 즉 전체 1차 에너지 소비 가운데 바이오매스를 직접 연소하여 사용하는 비중을 비교해 보여주고 있는데 아프리카가 절반 가까이로 다른 지역에 비해 월등히 높다는 것을 알 수 있다.

그림 2-1. 지역별 바이오매스 에너지 의존도



주: 1차 에너지에서 바이오매스 에너지가 차지하는 비중(2005년).  
 자료: IEA(2007), <http://www.iea.org>.

[표 2-1]은 아프리카를 포함한 주요 개도국의 바이오매스 사용인구를 보여 주고 있는데, 사하라이남아프리카(SSA)의 경우 76%에 해당하는 6억 명에 가까운 인구가 바이오매스에 의존하고 있음을 알 수 있다. 농촌지역으로 가면 그 비중이 획기적으로 높아지는데 무려 93%가 바이오매스에 의존하고 있다.

표 2-1. 아프리카의 바이오매스 사용인구

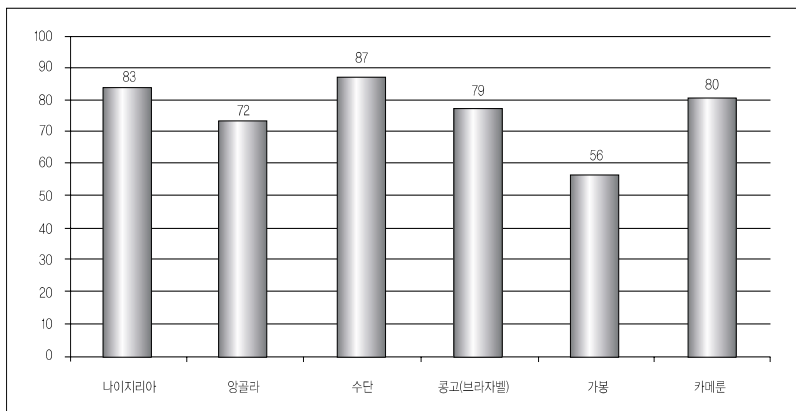
국가	전체 인구		농촌		도시	
	비중(%)	백만 명	비중(%)	백만 명	비중(%)	백만 명
SSA	76	575	93	413	58	162
인도	69	740	87	663	25	7.7
중국	37	480	55	428	10	52
인도네시아	72	156	95	110	45	46
브라질	13	23	53	16	5	8

주: 2004년이며 쿨사(cooking) 기준.  
 자료: Stephen Karekezi(2008.4.18), *Scaling up Bio-energy in Africa, International Conference on Renewable Energy in Africa*, United Nations Industrial Development Organization.



국가별로 보면 북아프리카의 경우 바이오매스 사용비중은 5%로 낮은 편이나, 남아공(15%)을 제외한 나머지 사하라이남아프리카 국가들의 경우에는 그 비중이 70~90%에 이르고 있다. 대부분의 아프리카 국가는 대체연료를 사용할 여유가 없어 목재 등을 취사용의 주요 연료로 사용하고 있다. 이는 산유국이라고 해서 예외가 아니다. 나이지리아는 아프리카 최대 산유국이자 세계 8대 원유 수출국이며 앙골라는 하루 200만 배럴(한국의 석유소비는 하루 230만 배럴) 가까이를 생산하는 OPEC 회원국이다. 수단, 콩고공화국 등 역시 아프리카의 주요 산유국이다. 그런데 이 국가들의 주요 에너지원은 석유가 아니라 바이오매스로 그 비중이 70~90%에 달하고 있다.

■ 그림 2-2. 아프리카 산유국의 바이오매스 의존도 ■



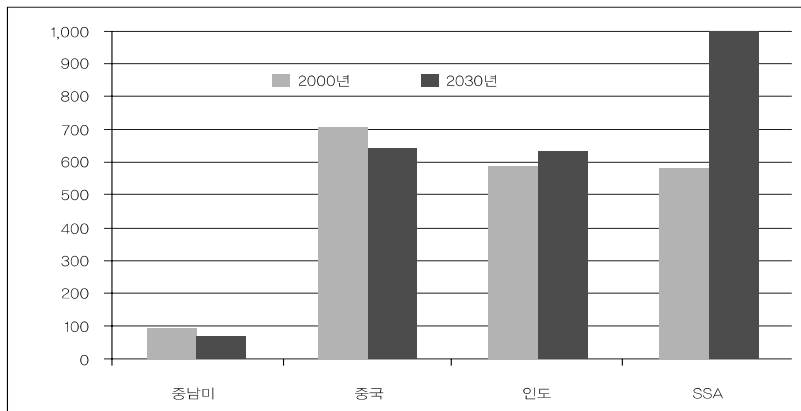
주: 총에너지 소비에서 차지하는 바이오매스 에너지의 비중.  
 자료: Mersie Ejigu(2008).

이는 아프리카 에너지원의 후진적인 구조를 잘 보여주는 것으로 바이오에너지 기술의 미발달과 높은 인구증가율(2.5%)에 기인하는 ‘에너지 빈곤’을 의미하는 것이다. 문제는 앞으로 이러한 상황이 더욱 심화될 것이라는 사실이다. 그동안 아프리카의 바이오매스 사용증가율은 계속해서 늘어났으며, 이 같은 추세는 앞으로도 계속 이어질 것으로 보인다. 그 결과 오는 2030년에

는 아프리카(SSA) 인구 10억 명이 바이오매스에 의존하게 될 것으로 전망되고 있다.<sup>6)</sup> IEA(2006) 역시 바이오매스에 대한 아프리카의 의존도가 더욱 심화될 것으로 보고 있다.

대부분의 아프리카 국가에서는 핵심연료로 목재가 주로 사용되고 있는데, 이에 따라 환경파괴에 대한 우려의 목소리가 커지고 있다. 이미 많은 국가에서 광범위한 벌목으로 목재자원이 고갈되어가고 있고, 식물이나 토양이 황폐화되는 등 자연환경에 심각한 영향을 미치고 있다. 바이오매스의 과도한 사용은 산림파괴 등 환경문제뿐만 아니라 국민의 건강과 보건 문제까지 야기하고 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해서는 바이오매스의 전통적 사용방식에서 벗어나 현대적인 기술과 변환과정기술을 통한 바이오에너지 생산에 주력해야 할 것이다.

■ 그림 2-3. 아프리카의 바이오매스 사용인구 전망 ■



주: 요리 및 난방용 기준.

자료: Stephen Karekezi(2008. 4. 18), *Scaling up Bio-energy in Africa*, International Conference on Renewable Energy in Africa, United Nations Industrial Development Organization.

6) 이는 2030년까지의 인구증가 전망을 감안한 것이다.

7) 바이오매스 소각에 따른 실내 공기오염 정도가 심각한 것으로 나타나고 있는데, 특히 고지대 지역주민의 호흡기 질환을 일으키는 주범으로 지적되고 있다.

표 2-2. 아프리카의 에너지원별 수요 전망(1990~2015년)

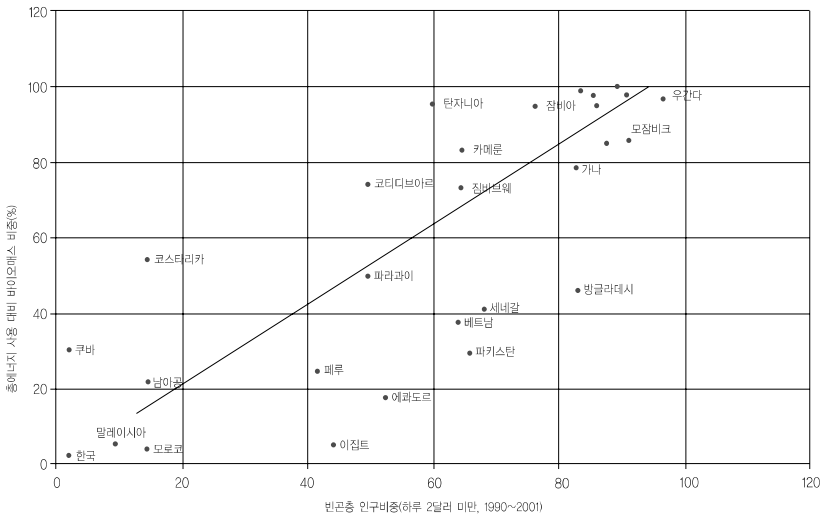
(단위: Moe)

구 분	1990년	2004년	2015년
바이오매스·폐기물	199	283	319
수 력	5	8	12
기타 재생에너지	0	1	3
석 유	90	121	151
천연가스	31	64	113
석 탄	74	101	105
원자력	2	3	4

자료: IEA(2006), *World Energy Outlook*.

한편 바이오매스의 사용과 빈곤 간에는 강한 상관관계가 존재함을 알 수 있는데, 이는 특히 아프리카에서 뚜렷하게 나타나고 있다. 소득수준이 극히 낮은 아프리카 저개발국일수록 바이오매스의 사용비중이 높게 나타나고 있는데, 일부 아프리카 국가의 경우 그 비중이 90%에 이르고 있다.

그림 2-4. 빈곤과 전통적 바이오매스 에너지 사용 간의 상관관계



자료: UNDP(2005); World Bank(2007).

## 2. 아프리카 바이오에너지 개발의 의의

### 가. 에너지원의 다변화: 전력난 해소

새로운 에너지 개발을 통한 에너지원의 다변화는 절대적인 전기 빈곤에 시달리고 있는 아프리카에서 절대절명의 과제이다. 아프리카의 전력사정은 세계에서 최악인데, 전력사용기구비율은 26%로 10억 명 인구 중 5억 5,000만 명의 인구가 전기를 사용하지 못하고 있다.

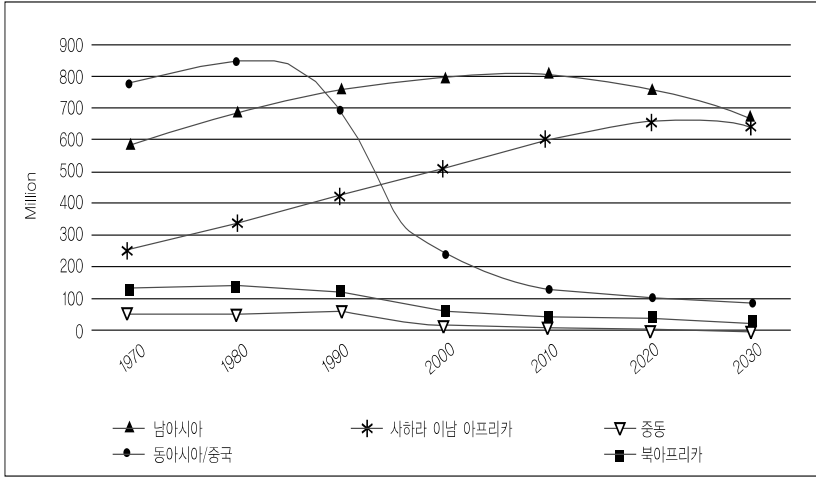
아프리카 전력개발의 필요성은 이미 오래 전부터 국제개발의 주요 과제로 다루어져 왔으며 이에 따라 그동안 상당수의 발전소 건립이 추진되었다. 그러나 대부분의 발전소가 관리소홀로 수명을 다하지 못한 채 폐기되거나 석유 등 에너지원을 구입할 재원이 없어 그대로 방치되었다. 또한 발전소 건립에 사용될 국제원조자금이 유입된다고 해도 독재정권에 의해 자금이 유용되는 사례가 빈번하게 발생하였다.<sup>8)</sup> 그 결과 아프리카 인구의 절반이 전기를 공급받지 못한 채 나무 등과 같은 재래에너지원에 의존하며 살아가고 있다.

이러한 사정은 개선되지 않을 것으로 전망되고 있는데 2050년에도 아프리카 인구의 절반 이상이 에너지 빈곤에서 벗어나지 못할 것으로 예상되고 있다. [그림 2-5]는 주요 개도국 지역의 전기사정을 비교하여 보여주고 있는데, 안타깝게도 아프리카는 ‘암흑의 대륙’에서 쉽게 벗어나지 못할 것으로 전망되고 있다.

사실 아프리카의 심각한 전력난은 산업적인 영역을 뛰어넘어 사회 곳곳에서 빈곤을 더욱 악화시키고 있다. [표 2-6]은 아프리카 국가들의 월평균 정전횟수를 보여주고 있는데, 아프리카의 전기사정이 어떠한지를 잘 알 수 있다. 전력문제는 산유국이라고 해서 예외가 아니다.

8) 한국수출입은행(2008. 12), 「아프리카 전력 현황 및 향후 전망」, 해외지역정보.

■ 그림 2-5. 개도국 지역별 전기사정(전기를 공급받지 못하는 인구) 전망 ■



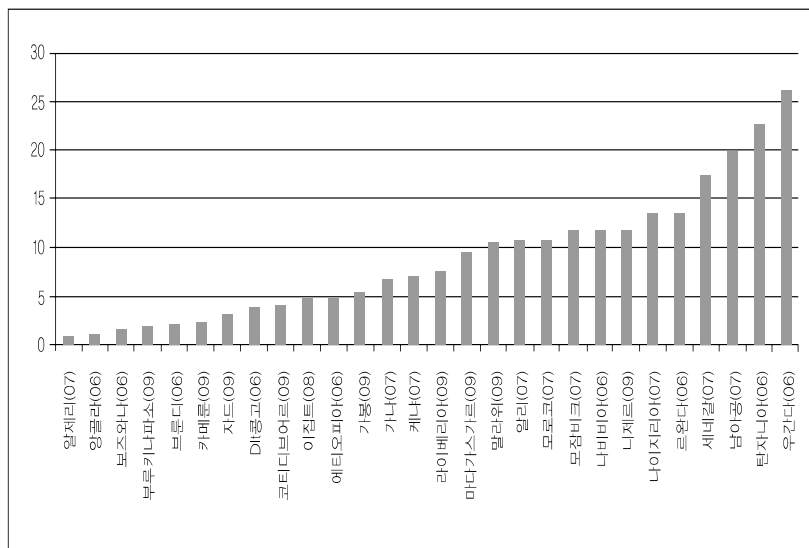
자료: World Bank(2009b), "Africa Energy Poverty," G8 Energy Ministers Meeting 2009.

세계적 산유국인 나이지리아는 이들에 한 번 정도 정전을 겪고 있으며, 국민 소득 5,000달러로 아프리카 최대 경제대국인 남아공의 전력사정 역시 이와 크게 다르지 않다.<sup>9)</sup> 이외에도 우간다, 모잠비크, 세네갈 등 아프리카 중견국 가들의 전기사정도 매우 열악한 것으로 나타나고 있다. 모잠비크의 경우 전기를 사용할 수 있는 인구는 10%에 불과하다. Cahora Bassa 댐에서는 모잠비크 전역의 전기수요를 충족하고도 남은 전력을 생산하고 있지만 대부분의 전력이 짐바브웨와 남아공으로 수출되고 있다. 이는 전국적인 송배전망

9) 남아공은 세계 6위의 석탄매장량을 보유하고 있으며 이를 바탕으로 세계적인 전력생산(화력발전)능력을 보유하고 있다. 남아공 전력회사(Eskom)는 아프리카 최대의 전력회사로 인근 남아프리카 전력의 95%를, 아프리카 전체 전력의 60%를 공급하고 있다. 그러나 최근 들어 공급이 수요를 따라가지 못하고 있다. 전국적인 송배전망 확충에 따른 전기공급지역 확대와 경제발전으로 인해 산업전력수요가 급증했지만, Eskom 민영화 정책 혼선 등으로 인해 전력시설에 대한 투자와 유지보수가 제대로 이루어지지 못함으로써 전력생산능력이 크게 떨어졌다. 그 결과 산업시설 전력수요의 90%만이 공급되고 있는 실정이며 요하네스버그를 비롯한 주요 도시에서는 주기적으로 정전이 발생하고 있다. 2012년까지 8,000메가와트 규모의 증설계획을 세우고 발전소 건립에 착수했지만 완공 이전까지는 전력난이 지속되어 산업생산에 큰 차질을 초래할 것으로 예상되고 있다(한국수출입은행 2008. 12).

구축에 따른 비용대비 수익이 전력수출을 통한 수익보다 적기 때문이다.<sup>10)</sup>

■ 그림 2-6. 아프리카 국가들의 월평균 정전횟수 ■



자료: World Bank(2010), *Enterprise Survey*.

국내저축이 열악한 아프리카가 지속가능한 발전을 달성하기 위해서는 무엇보다도 외국기업으로부터 투자를 유치하는 것이 관건이다. 그런데 열악한 전력사정이 외국인투자를 가장 크게 저해하고 있는 것으로 나타나고 있다.

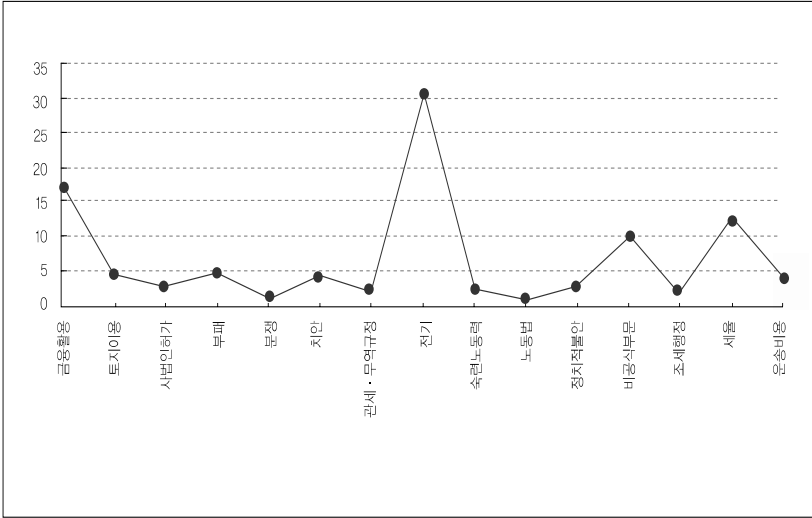
세계은행이 아프리카에서 활동 중인 1만 1,000개 기업을 대상으로 조사한 결과에 따르면, 정전이 기업활동을 저해하는 가장 큰 요인인 것으로 밝혀졌다.

이러한 관찰을 염두에 둘 때 아프리카에서 새로운 에너지원의 개발이 절대적으로 중요하다는 결론에 도달하게 된다. 전술한 바와 같이 바이오매스에 대한 지나친 의존은 에너지원의 비효율뿐만 아니라 환경파괴 등 여러 부작용을

10) 한국수출입은행(2008, 12), 「아프리카 전력 현황 및 향후 전망」, 해외지역정보.

그림 2-7. 아프리카 내 기업활동의 제약요인

(단위: %)



자료: World Bank(2010), Enterprise Survey.

아기하고 있고, 전력난은 해소될 가능성이 거의 없는 상황에서 아프리카가 선택할 수 있는 대안은 다른 에너지원을 찾는 것이다. 전력문제 해결을 위한 대체에너지원 개발로는 태양광, 풍력, 지열,11) 바이오에너지 등의 신재생에너지를 들 수 있는데, 사하라이남지역(특히 농촌지역)의 경우 바이오에너지 개발이 매우 적합한 것으로 평가되고 있다.12) 세계은행의 아프리카 에너지 빈곤 해소를 위한 전략 가운데 하나도 바이오매스를 활용한 바이오에너지 개발이다.

11) 대지구대(Great Rift Valley)에 인접한 모잠비크, 케냐, 에리트레아는 지열을 이용한 전력발전방안을 계획하고 있다. 케냐의 경우 2017년까지 자국에서 소비되는 에너지의 20%에 해당하는 7,000메가와트 규모의 전력을 대지구대에서 발생하는 지열로 충당한다는 계획이다(한국수출입은행 2008. 12).

12) 아프리카의 전력상황을 개선할 수 있는 바람직한 대안 중의 또 하나는 수력발전이다. 아프리카의 수력발전은 나일강, 콩고강, 잠베지강과 같은 자연환경을 이용할 수 있어 온실가스를 발생하지 않는 청정에너지원이라는 점에서 주목받고 있다. 콩고강의 경우 깊은 계곡과 풍부한 유량으로 수력발전 잠재력이 매우 높다.

바이오에너지 개발은 석유 등 기존 화석연료의 해외의존도를 낮추어 가격 변동 및 공급차질에 따른 불안정성을 저감하는 역할을 담당할 수 있다. 다시 말해 국제유가 변동에 취약한 아프리카 경제에서 바이오에너지 개발은 위험 회피수단으로 기능할 수 있다. Robert(2005. 8)<sup>13)</sup>는 아프리카, 중남미, 아시아 지역의 원유 순수입국들을 대상으로 유가변동에 따른 경제적 파급효과를 정량적으로 분석했는데, 그 결과 아프리카의 석유취약성(Oil vulnerability)<sup>14)</sup>이 가장 높은 것으로 나타났다. 이는 국제 석유시장의 교란으로 인해 아프리카가 받을 수 있는 경제적 충격이 그만큼 크다는 것을 의미하는 것이다. 사실 대부분의 아프리카 국가는 국내 석유수요의 거의 전량을 해외수입에 의존하고 있는 상황이어서 국제에너지 수급 변화에 민감할 수밖에 없다.<sup>15)</sup> 따라서 바이오에너지를 개발하여 이를 이용하게 되면 전력문제를 해소하고 화석연료의 해외의존도를 줄일 수 있다.

## 나. 농촌소득 증대

바이오에너지 개발은 전통적인 바이오매스에 과도하게 의존하는 에너지의 후진적 사용방식을 현대적 사용방식으로 전환하는 것을 의미하는 것이다. 바이오매스 자원의 활용은 아무래도 농림업과 밀접한 관련을 가질 수밖에 없으므로, 직접 또는 간접적으로 농촌지역의 소득증대와 새로운 일자리 창출에 기여할 수 있다. 모든 산업이 소득과 일자리 창출에 기여하지만 바이오에너

13) Robert Bacon & Adlib Mattar(2005, 8), The vulnerability of African Countries to Oil price Shocks: Majors and Policy Options: The case of oil importing countries, Energy Sector Management Assistance Program.

14) 석유순수입액/GDP = 석유가격 × (석유순수입량/석유총소비) × (석유총소비/에너지총소비) × (에너지총소비/GDP).

15) 아프리카는 정유시설 미비 등으로 원유의 대부분을 수출하고, 석유는 수입에 의존하는 전형적인 저개발 산유국의 교역패턴을 띠고 있다. 아프리카 주요 산유국인 나이지리아와 앙골라는 원유의 80~90%를 수출하고 있지만 석유는 수입에 의존하고 있다.



지의 생산과 소비는 농촌지역이 주요 무대이므로 농촌지역의 발전에 직접적으로 기여하게 된다. 바이오에너지 개발은 농촌지역에 광범위하게 산재해 있는 여러 바이오매스 자원을 활용한다는 점에서 다른 산업 못지않은 경제적 파급효과를 창출할 수 있다. 또한 바이오에너지 기술은 비교적 단순하여 아프리카 농촌주민의 기술습득이 용이하므로 농촌마을단위에서 어렵지 않게 사용될 수 있다.<sup>16)</sup> 보다 크게 보면, 바이오연료 개발은 원유수입 대체분에 해당하는 농가소득증대효과를 발생시킨다. 해외로 유출될 원유수입대금이 국내 소득으로 전환되는 일종의 수입대체효과를 얻을 수 있다는 것이다.

또한 바이오에너지 산업은 에너지 작물재배 등을 통해 고부가가치 수출산업으로 발전할 수 있다.<sup>17)</sup> 아프리카에는 휴경농지가 매우 광범위하므로 이를 바이오에너지 작물재배지로 활용한다면, 이를 통해 수출상품의 고부가가치를 창출할 수 있다. 물론 이는 농가소득 증대로 이어지게 된다. 최근 들어 많은 아프리카 국가가 바이오매스를 활용한 농촌의 소득증대에 주목하고 정부차원에서 이를 추진해 나가고 있거나 관련 정책 마련에 적극 나서고 있다.

바이오에너지 개발에서 보다 중요한 사실은 농촌지역의 전기공급을 통해 농업생산성을 높일 수 있다는 점이다. 사실 바이오에너지 개발은 농촌지역의 전력문제를 해결할 수 있는 거의 유일한 대안이라고 할 수 있다. 아프리카 농촌지역은 인구밀도가 낮고 인프라가 거의 전무하며 도시지역과 멀리 떨어져 있다. 이는 해당 지역에서 에너지를 생산하고 활용할 수밖에 없다는 현실을 말해주고 있는 것이다.

16) Mersie, Ejigu(2008), "Toward energy and livelihood security in Africa: Smallholder production and processing of bioenergy as a strategy," *Natural Resource Forum*, 32, pp. 152-162.

17) 아프리카 경제는 원유, 광산물, 농작물 등 1차 상품에 거의 전적으로 의존하고 있는 형편이며, 1차 상품 중에서도 2~3개 정도의 소수품목에 의존하는 전형적인 모노컬처(mono-culture)형 경제구조를 지니고 있다. 이는 아프리카 국가들의 수출상품구조에도 그대로 반영되어 나타나고 있다. 말리의 경우, 금과 목화 수출이 전체 수출의 약 80%를 차지하고 있으며, 콩고민주공화국은 다이아몬드와 석유가 전체 수출의 70% 이상을 차지하고 있다. 앙골라 역시 원유와 다이아몬드가 전체 수출의 95%를 점유하고 있다. 이외에도 많은 아프리카 국가에서 광물이나 농작물 등의 1차 상품이 수출을 주도하고 있다.

전술한 바와 같이 아프리카의 전력문제는 이미 오랜 전부터 자국 정부는 물론 국제개발기구의 핵심과제로 다루어져 왔으나 농촌지역의 전력사정은 달라진 것이 거의 없다. 그 결과 인구의 70% 이상이 살고 있는 농촌 시골지역의 경우 전기보급률이 고작 8%에 불과하다. 기존 방식으로 이러한 사정을 개선하기는 어렵다는 것이 대다수 아프리카 전문가의 견해이다.

따라서 사하라이남아프리카 농촌지역의 전력문제를 해결하기 위해서는 바이오매스를 활용한 바이오에너지 개발이 가장 적합한 대안이라는 주장이 설득력을 얻고 있다. 아프리카의 많은 농업 전문가와 세계은행 등 국제기구 전문가들은 농촌지역에서 나오는 바이오매스 자원을 활용하면 해당 지역의 에너지자립도를 가장 비용효과적(cost-effective)으로 높일 수 있다고 판단하고 있다.

#### 다. 환경과 보건적 측면

바이오에너지 개발은 MDG 달성 및 보건문제와도 직·간접적으로 관련이 되어 있다. MDG에서는 ‘에너지에 대한 지속적 접근(sustainable access to energy)’이 직접적으로 다루어지고 있지는 않지만 MDG-4(유아사망률 감소), MDG-7(지속가능한 환경 확보)과 어느 정도 관련성을 지니고 있다.

여기에서는 환경 및 보건 문제의 차원에서 바이오에너지 개발의 필요성과 의의를 살펴보고자 한다.

아프리카의 환경문제는 일반적으로 알려진 것보다 훨씬 더 심각하다는 것이 환경전문가의 지배적인 견해이다. 아프리카의 환경을 파괴하는 요인은 여러 가지가 있지만 바이오매스의 과도한 사용도 하나의 주범으로 지목받고 있다. 아프리카 에너지 수급구조의 가장 큰 특성은 생산과 소비의 대부분을 목재 등 바이오매스에 의존하고 있는데 이것이 자연파괴 및 환경오염의 큰 원인이라는 것이다.

이런 이유로 ‘전통적 방식의 바이오매스’에서 ‘현대적 방식의 바이오매스’ 사용으로 전환하여야 한다는 목소리가 국내외적으로 높아지고 있는 것이다. 여기서 전자는 나무, 목탄, 나뭇잎, 농업부산물, 폐기물, 쓰레기 등의 바이오매스를 직접 연소(direct combustion)하여 열이나 에너지를 얻는 것을 의미한다. 이에 반해 후자는 바이오매스를 이용하여 액체연료, 가스 및 전기 등의 에너지를 생산하는 것을 말한다.

교토의정서는 바이오에너지를 이산화탄소와 같은 온실가스를 추가로 배출하지 않는 에너지자원으로 규정하고 있다. 물론 건초, 나무 등의 바이오매스를 태울 때는 이산화탄소가 발생하지만 여기에서 나오는 이산화탄소는 화석 연료를 연소할 때 나오는 것과 다르다는 것이다. 바이오에너지는 화석연료에 비해 높은 온실가스 및 대기오염 저감효과로 환경의 외부비용<sup>18)</sup>이 낮아 온실가스 감축 이행에도 기여한다고 한다.

결국 아프리카의 자연환경을 고려할 때 대두되는 중요한 문제는 바이오매스의 전통적 사용방식(직접 연소)에서 벗어나 친환경적인 에너지를 생산하는 바이오에너지 산업의 육성일 것이다.

아프리카에서의 바이오에너지 개발은 보건 및 위생 문제와도 밀접한 관련이 있다. 환기가 되지 않는 좁은 오두막집에서 요리나 난방을 위해 나무를 태울 때 나오는 발암물질로 인해 많은 여성과 아이들이 질병에 노출되어 있다. 아프리카는 산업화 이전 단계에 있는데, 가난한 아프리카 국민들은 환기가 되지 않는 오두막집에 살면서 연소효율이 떨어지는 스토브에다 요리와 난방을 위해 나무, 석탄, 농작물 찌꺼기를 태우고 있다. 이 모든 것이 혼합되어 발암물질을 포함한 치명적인 실내공기를 만들어낸다. 아프리카 농촌주민 대다수는 심각한 실내 공기오염에 노출되어 있는데, WHO는 인도와 사하라

---

18) 외부비용은 특정 경제주체의 사회·경제적 활동이 다른 경제주체의 활동에 미치는 비용(피해) 중 시장을 통해 매개되지 않는 비용을 말한다.

이남아프리카에서만 매년 100만 명의 어린이가 실내 공기오염으로 인한 질병, 특히 급성호흡기질환으로 사망하고 있다고 추정하고 있다.<sup>19)</sup> 참고로 전 세계적으로 불 때 질병으로 사망하는 15세 이하 어린이의 60%가 급성호흡기질환인 것으로 추정되고 있다.<sup>20)</sup>

---

19) 책 M. 홀랜드(2004), 『환경위기의 진실(The real Environmental Crisis)』, 에코리브르.

20) 위의 책.

# 제3장

---

## 아프리카 바이오에너지 개발 잠재력

현재 아프리카의 바이오에너지 생산량은 많지 않지만, 넓은 경작지와 바이오에너지 작물재배에 적합한 기후조건 등을 감안할 때 아프리카 바이오에너지의 개발 잠재력은 매우 큰 것으로 평가되고 있다. 이런 점을 염두에 두고 아프리카 국가들은 바이오에너지 육성정책을 적극 펼치고 있으며, 외국계 바이오에너지 업체들 역시 아프리카 진출을 서두르고 있다.

본 장에서는 아프리카 바이오에너지 생산 및 작물재배 현황을 살펴보고, 잠재적 경작지 분석을 통해 바이오에너지의 생산 잠재력을 평가해보도록 한다. 아울러 이를 토대로 향후 아프리카 바이오에너지 시장을 전망해보도록 한다.

# 1. 아프리카 바이오에너지 생산 현황 및 여건

## 가. 바이오에너지 생산 현황

아직까지 아프리카 바이오에너지 산업은 초기단계에 머무르고 있다. 넓은 경작면적과 적합한 기후조건에도 불구하고, 자본 및 기술 부족, 제도미비 등의 이유로 현재 아프리카의 바이오에너지 생산량이 그다지 많지 않다. 소규모 생산으로 이루어지는 아프리카 바이오에너지 산업특성상 정확한 생산통계는 알 수 없지만,<sup>21)</sup> 말라위,<sup>22)</sup> 말리, 탄자니아 등 일부 국가를 중심으로 바이오에너지 생산이 점차적으로 늘어나고 있다. 그러나 미국, 브라질 등이 주도하고 있는 전 세계 바이오에너지 생산에서 아프리카가 차지하는 비중은 매우 미미하다.

표 3-1. 주요국의 바이오에너지 생산 현황 비교(2008년 기준)

(단위: 십억 리터)

순위	국가	바이오에탄올	바이오디젤
1	미국	34	2
2	브라질	27	1.2
3	프랑스	1.2	1.6
4	독일	0.5	2.2
5	중국	1.9	0.1
6	아르헨티나	0	1.2
7	캐나다	0.9	0.1
8	스페인	0.4	0.3

21) 아프리카의 바이오에너지 생산현황이 통계에 정확하게 잡히지 않는 것은 바이오에너지 생산이 일부 마을이나 소규모 농가, 또는 영세업체(공식 등록되지 않은 기업이 많음)를 중심으로 이루어지고 있기 때문이다. 이에 반해 선진국에서는 대규모로 바이오에너지가 생산되고 있다(FAO 2009, Small-Scale Bioenergy Initiatives).

22) 말라위는 연간 약 3,000만 리터의 바이오에탄올을 생산하고 있는 것으로 집계되고 있다.

표 3-1. 계속

(단위: 십억 리터)

순 위	국 가	바이오에탄올	바이오디젤
9	태 국	0.3	0.4
10	콜롬비아	0.3	0.2
-	말라위	0.03	-
-	말 리	0.002	소량
-	남아공	소량	소량

자료: 1~10위국 생산량은 REN21(2009), *Renewable Global Status Report 2009*; 아프리카 생산량은 각국 홈페이지 자료 참고.

현재 아프리카에서는 말라위, 말리, 탄자니아, 에티오피아 등지에서 바이오 에너지가 소규모로 생산되고 있다. 아프리카 국가 중 바이오에너지 생산이 가장 활발한 곳은 말라위다. 말라위는 30여 년 전인 1982년부터 아프리카에서는 최초로 바이오에너지를 생산하기 시작하였다. 바이오에너지 생산은 영세농가에서 시작되었으며 현재에도 대량생산으로 발전시키지 못한 채 소규모 농가나 영세업체에 의존하고 있다. 현재 말라위에는 현지 중소기업인 Ethanol Company of Malawi와 Press Cane이 바이오에너지 생산을 담당하고 있는데, 주로 사탕수수와 몰라스의 부산물에서 바이오에탄올을 추출하여 연간 약 3,000만 톤의 바이오에탄올을 생산하고 있다.<sup>23)</sup> 말리는 바이오에탄올과 바이오디젤을 모두 생산하고 있는 아프리카 바이오에너지 산업의 선두주자이다. 말리는 2006년부터 정부의 적극적인 지원에 힘입어 바이오에탄올과 바이오디젤 생산에 박차를 가해오고 있다. 한 해 사탕수수 및 당밀 생산량의 절반 정도(사탕수수 20만 톤, 당밀 5,000만 톤)가 바이오에탄올 생산에 사용되고 있을 정도이다. 말리에서는 현재 SUKLA S.A사가 매년 약

23) Amigun, Bamikole(2009), "Evaluation of Biofuels substantiality: Can We Keep Biofuel Appropriate and Green?"

230만 리터의 바이오에탄올을 생산하고 있는데, 절반 정도는 국내에서 사용되며 나머지 절반은 이웃 부르키나파소에 수출되고 있다. 최근에는 바이오디젤 생산사업도 활발히 진행되고 있는데, 자트로파를 원료로 바이오디젤을 생산하고 이를 복합발전기(Hybrid power plant)를 이용하여 전기로 변환시키는 사업을 진행하고 있다. 이렇게 생산된 전기는 민간 전력회사인 ACCESS사를 통해 마을 전역에 공급되고 있다. 아직까지 말리의 바이오에너지 생산량은 많지 않지만, 현재 정부가 적극적인 지원의사를 밝히고 있고, 외국투자자들의 관심도 높아지고 있는 것으로 보아 향후 말리의 바이오에너지 생산이 크게 증가할 것으로 전망된다. 말리 정부는 현재 계획 중인 미국·브라질 컨소시엄의 말리 사탕수수 프로젝트가 완료될 경우, 추가적으로 1만 2,000ha의 사탕수수 경작지가 늘어나고 사탕수수 경작량은 현재의 2~3배 늘어날 수 있을 것으로 전망하고 있다. 또한 약 400ha에 달하는 경지에 자트로파를 경작한다는 계획을 세우는 등 바이오디젤 생산에 박차를 가하고 있다.

탄자니아에서는 현재 팜유와 자트로파를 원료로 하는 바이오디젤 생산 사업이 활발하게 진행되고 있다. 2006년부터는 ‘탄자니아 에너지 및 환경 연합(Tanzania Traditional Energy Development and Environment Organization, 이하 TaTEDO)’이 바이오디젤 생산을 위한 파일럿 프로젝트를 시행해오고 있다. 이 프로젝트는 자트로파를 원료로 바이오디젤을 생산하고, 이를 바이오디젤과 일반 디젤을 혼용하는 다기능 엔진(Multi-functional Engine)을 사용하여 농작물 생산에 활용하는 것을 골자로 한다. 현재 TaTEDO는 다르살렘, Engaruka 마을, Ngarinairobi 마을 등 세 군데 마을에서 파일럿 프로젝트를 진행하고 있는데, 이를 점차 탄자니아 전역의 200여 개 마을로 확대할 예정이다.<sup>24)</sup> 이밖에도 탄자니아 국내 중소기업인 KAKUTE사는 아르샤

24) UN Department of Economic and Social Affairs(2007), *Small-Scale Production and Use of Liquid Biofuels in Sub-Saharan Africa: Perspective for Sustainable Development*.



(Arsha)지역에서 자트로파를 이용한 바이오디젤 생산을 시작하였다. 영국계 에너지 기업인 D1사는 10만ha 규모의 대규모 경지에서 자트로파 경작을 시작하였다. 탄자니아 일부 농가에서는 사이잘(Sisal)을 이용한 바이오가스 생산도 시작되었다.

에티오피아에서는 1999년 사탕수수 공장 안에 에탄올 생산시설을 건립하면서부터 바이오에탄올 생산이 시작되었다. 2004년에는 생산된 바이오에탄올을 가정에서 연료로 이용할 수 있게 되었다. 바이오에탄올을 가정에서 이용할 수 있도록 ‘바이오에너지 전용 스토브(현지에서는 ‘Clean Cook’으로 불림)’를 보급시켰고, 현재는 에티오피아 도심 일부 지역과 난민캠프에서 이 스토브를 사용하여 바이오에탄올을 취사에 이용하고 있다.

▮ 표 3-2. 아프리카의 주요 바이오에너지 생산 프로젝트 ▮

프로젝트명	국 가	기 업	사업내용
Garalo Bagani Yelen	말리	MFC Nyetaa	- 자트로파 경작 - 복합발전기(Hybrid power plant)를 이용하여 전기로 변환
C3 Biodiesel	모잠비크	Salconsult	자트로파를 경작하여 바이오디젤 생산
PROCANA Massingir	모잠비크	CAMEC PROCANA	사탕수수를 경작하여 바이오에탄올 생산
SUNBIOFUEL	모잠비크	CAMEC PROCANA	자트로파를 경작하여 바이오디젤 생산
Integrated Sustainable Energy Services for Poverty Reduction & Environmental Conservation	탄자니아	TaTEDO	다기능 엔진(Multi-functional)을 사용하여 농작물 생산에 활용

자료: 각종 자료 바탕으로 저자 작성.

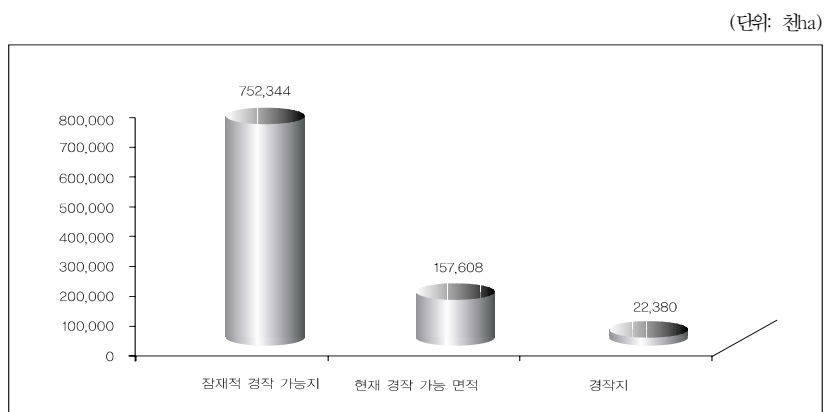
서부아프리카의 니제르와 나이지리아에서는 비식용작물인 님(Neem)을 바이오디젤로 만들어 기계의 연료로 사용하고 있다. 니제르에서는 2005년부터 바이오디젤과 일반 디젤을 50대 50으로 혼합한 연료를 이용하여 펌프를 가동하기 시작하였고, 나이지리아 일부 마을에서는 님으로 만든 바이오디젤을

펌프와 타작 기계에 사용하고 있다.<sup>25)</sup>

## 나. 바이오에너지 생산여건: 넓은 경작지와 적합한 기후조건

아프리카의 바이오에너지 개발 잠재력은 무엇보다도 광활한 경작지에서 찾을 수 있다. 아프리카는 광활한 대지를 소유하고는 있지만 대부분이 미경작상태에 있다. 식량농업기구(Food and Agricultural Organization)에 따르면 아프리카의 잠재적 경작가능지의 면적은 무려 7억 5,000만ha에 달한다. 그리고 당장 이용 가능한 경작가능면적만 해도 1억 6,000만ha가 넘는 것으로 조사되고 있다. 그러나 현재 아프리카가 실제로 경작지로 사용하고 있는 면적은 2,200만ha로 전체 경작가능면적의 14%에 불과하다. 이는 아프리카가 향후 국제적인 바이오에너지 수요증가에 부응하여 농경지를 확대할 수 있는 여지가 그만큼 많다는 것을 뜻한다.

■ 그림 3-1. 아프리카의 경작가능면적 및 경작지 현황 ■



자료: FAO.

25) UN Foundation(2008), *Sustainable Bioenergy Development in UEMOA Member Countries*.

또한 아프리카는 바이오에너지 작물 경작에 유리한 기후조건을 가지고 있다. 바이오에너지의 주연료인 사탕수수와 팜유는 주로 열대우림지역에서 잘 자란다. 특히 중앙아프리카 지역은 대표적인 열대우림지역으로 방대한 면적에 우림이 분포해 있다. 이 지역은 아직까지 개발의 손길이 미치지 않은 채 자연상태 그대로 보존되어 있기 때문에 향후 바이오에너지 작물을 경작할 수 있는 여지가 많다.

표 3-3. 바이오에너지 주요 작물의 경작 조건 및 에너지 효율

작물명	강수량 조건 (mm)	고도/기후 조건	경작량 (톤/ha)	바이오연료 생산량 (리터/ha)	에너지효율 (GJ/ha)
사탕수수	1,400~1,800	0~1,000m/ 섭씨 22-38도	100	7,500	157.5
팜유	2,000 이상	400m 이하/ 섭씨 22~32도	70	3,000	105.0
단수수	500~800	모든 기후 적응 가능	60	4,200	88.2
옥수수	500~800	섭씨 15도 이상	4	2,500	52.5
자트로파	300~1,000	0~500m/섭씨 20도 이상	2~12.5	700	24.5
대두	450~700	섭씨 21~27도	990kg/ha	500	17.5
카사바				1,537	61
사탕무	450~960	섭씨 20~35도			
해바라기씨	600~1,000				
유채씨		섭씨 -6~4도		544	
콩류				1,600	54.3

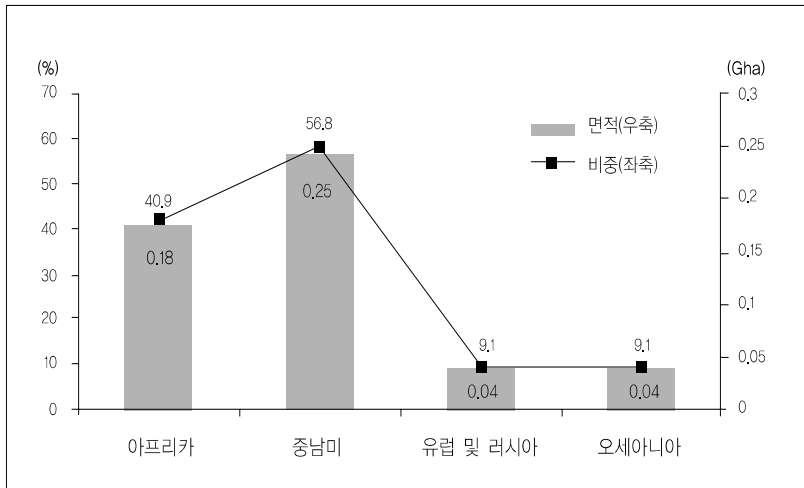
자료: Mersie, Ejigu(2008).

2007년 발간된 OECD 보고서<sup>26)</sup>는 2050년 아프리카의 바이오에너지 경작가능경지가 약 0.25Gha에 달할 것으로 예상하고 있다.<sup>27)</sup> 이는 전 세계

26) Doornbosch&Steenblich(2007), "Biofuels: Is the cure worse than the disease?," OECD.

바이오에너지 경작가능 면적의 40.9%에 해당하는 규모로, 중남미(46.8%)에 이어 전 세계에서 두 번째이다. 이에 반해 유럽 및 러시아, 오세아니아의 2050년 바이오에너지 경작가능면적은 각각 0.04Gha에 머물 것으로 예상되는데, 이는 전체 바이오에너지 경작지의 10%에도 미치지 못하는 규모이다. 이 OECD 보고서는 향후 아프리카 바이오에너지의 개발 잠재력이 어느 정도인지를 잘 보여주는 연구이다.

■ 그림 3-2. 2050년 전 세계 바이오에너지 경작가능면적 전망 ■



자료: Doornbosch and Steenblik(2007), "Biofuels: Is the cure worse than the disease?" OECD.

## 2. 아프리카 바이오에너지 작물재배 현황

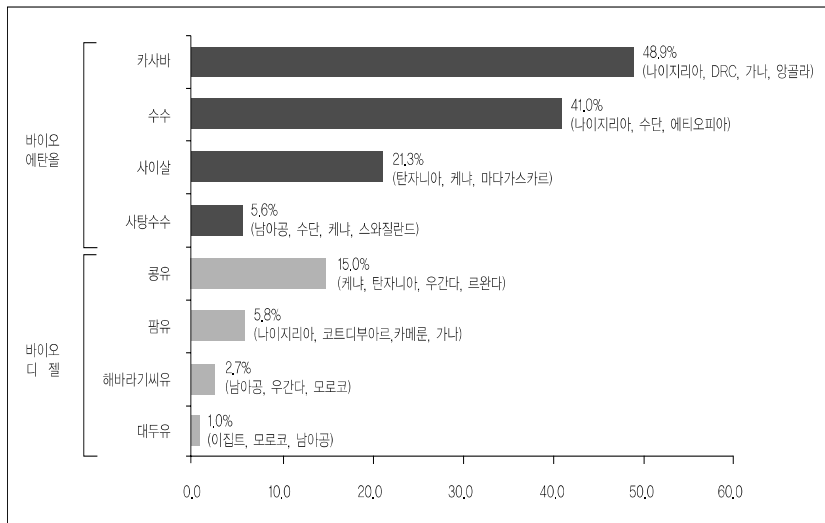
아프리카의 바이오에너지 산업은 무궁한 잠재력을 가지고 있다. 무엇보다도 아프리카의 풍부한 바이오에너지 작물은 향후 아프리카 바이오에너지 산

27) 또한 이 보고서는 2050년 전 세계 바이오연료 경작가능면적이 0.447가ha에 달할 것으로 전망하고 있다.

업의 발전 가능성을 가늠하게 한다. 아프리카는 카사바(cassava), 수수(sorghum), 사탕수수(sugarcane) 등 바이오에탄올 작물의 세계적인 생산지이다. 카사바의 경우 전 세계 생산량의 절반 가까이가 아프리카에서 생산되는 것으로 나타나고 있다. 특히 나이지리아, 콩고민주공화국, 가나 등 서부아프리카 등지에서 많이 재배되고 있다. 바이오에탄올 원료로 많이 사용되는 수수도 아프리카의 주요 생산작물 중 하나이다. 아프리카의 2007년 수수 생산량은 약 2,600만 톤인데 이는 전 세계 수수 생산량의 약 40%를 차지하는 비중이다. 이밖에도 사이잘, 사탕수수 등 바이오에탄올의 원료가 되는 작물이 아프리카에서 다량 생산되고 있다.

아프리카는 콩류 beans, 팜유(palm oil)와 같은 바이오디젤 원료의 작물 생산도 매우 풍부하다. 전 세계 생산량에서 아프리카 콩류와 팜유의 생산량이 차지하는 비중은 각각 약 15%와 6%에 달하고 있다.

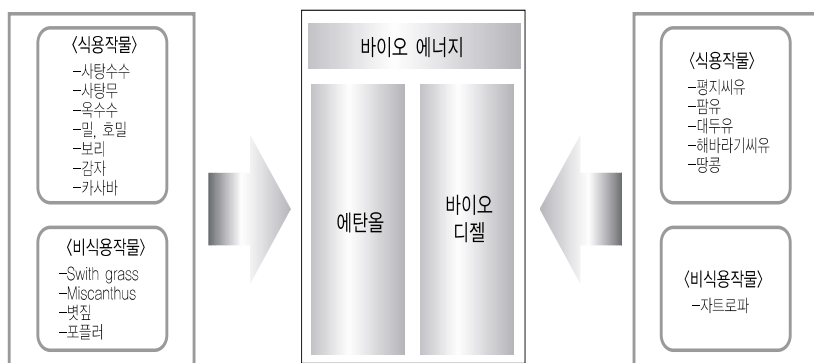
■ 그림 3-3. 아프리카의 바이오 작물 생산비중 ■



주: 전 세계에서 차지하는 비중.  
 자료: FAOSTAT 참고 저자 작성.

한편 아프리카는 최빈국이 결집해 있는 세상에서 가장 가난한 대륙이다. 많은 인구가 기근과 식량부족으로 고통받고 있는 상황에서 카사바, 사탕수수 등 아프리카 주요 식량을 이용한 바이오에너지 생산을 논하는 것은 무리가 있다. 따라서 아프리카 바이오에너지 작물의 생산 잠재력을 측정하기 위해서는 바이오에너지 작물을 식용작물과 비식용작물로 나누어 살펴보아야 할 것이다.

■ 그림 3-4. 바이오에너지 생산작물의 분류 ■



자료: 각종 자료 참고 저자 작성.

## 가. 식용작물

### 1) 사탕수수

전 세계 바이오에탄올 생산의 40%가 사탕수수를 가공하여 생산될 만큼, 사탕수수는 바이오에탄올의 주원료로 사용되고 있다. 사탕수수가 바이오에탄올 연료로 각광받는 이유에는 여러 가지가 있다. 가장 먼저 사탕수수의 에너지밸런스가 좋다는 점을 들 수 있다. 에너지밸런스는 에탄올 생산을 위하여 투입된 에너지양과 산출된 에너지양의 비율을 말하는데, 사탕수수는 밀, 옥수수 등 다른 바이오에너지 원료에 비해 에너지밸런스가 뛰어나다. 또한 한

번 심으면 여러 번 열매(최대 10번)를 맺는 사탕수수는 바이오에탄올의 연료로서 경제성까지 갖추고 있다는 평가를 받고 있다. 여기에 관개시설과 강수량 같은 기초조건만 충족시킨다면 경작에 큰 어려움이 없다는 장점도 가지고 있다.<sup>28)</sup>

▣ 표 3-4. 바이오에너지 작물의 에너지밸런스 ▣

원료	에너지 산출/에너지 투입
밀	1.2
옥수수	1.3~1.8
사탕무(sugar beet)	1.9
사탕수수	8.3

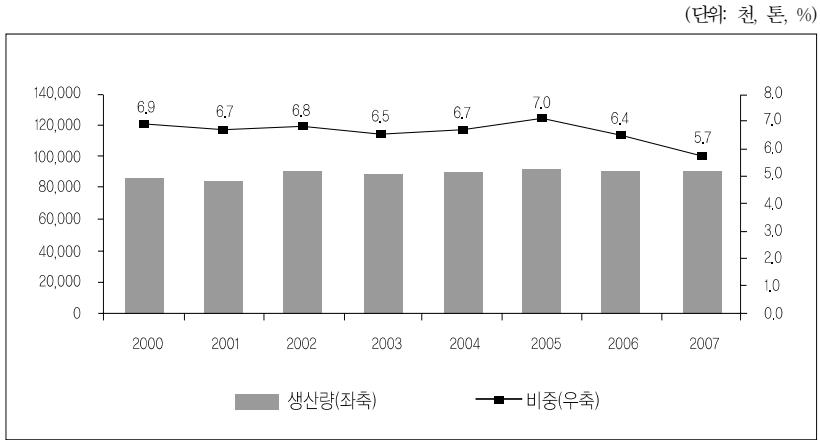
자료: Petrobas.

아프리카는 열대성 기후와 연간 최소 600mm 이상의 강수량 등 사탕수수 경작에 필요한 기후조건을 충족하고 있어 사탕수수 재배의 잠재력이 높은 지역이다. 현재 아프리카 전체 경지 중 160만ha에 달하는 경지에서 사탕수수가 경작되고, 한해 평균 9,000만 톤의 사탕수수가 생산되고 있는 것으로 알려져 있다. 단위면적당 수확량(Yield)은 69만hg/ha로 현재까지 전 세계 평균과 비슷한 수준이다.<sup>29)</sup> 현재 아프리카의 농업기술력과 자본력, 농업에 대한 정부의지원 등이 다른 지역에 비해 열세에 있지만 개발 잠재력이 상대적으로 높아 향후 사탕수수의 획기적인 생산을 기대할 수 있다. 아직까지 아프리카의 사탕수수 생산량이 전 세계 사탕수수 생산량에서 차지하는 비율은 5~6%대에 불과하지만, 향후 농업기술과 정부지원이 뒷받침된다면 사탕수수 생산량은 크게 늘어날 수 있을 것이다.

28) UN Department of Economic and Social Affairs(2007), *Small-Scale Production and Use of Liquid Biofuels in Sub-Saharan Africa: Perspective for Sustainable Development*.

29) UN Foundation(2008), *Sustainable Bioenergy Development in UEMOA Member Countries*.

■ 그림 3-5. 아프리카 사탕수수 생산량과 전 세계에서 차지하는 비중 ■



자료: FAOSTAT.

국가별로는 남아공이 아프리카의 최대 사탕수수 생산국이다. 남아공에서는 42만ha 규모의 경지에서 사탕수수가 경작되고 있으며, 한해 수확량만 해도 2,000만 톤에 달한다. 남아공은 방대한 양의 사탕수수를 이용하여 이미 상당한 규모의 바이오에탄올 생산에 착수한 상태이다. 탄자니아, 케냐, 모잠비크 등 동부아프리카 국가들의 사탕수수 생산량도 많다. 특히 동부아프리카 국가들은 사탕수수 재배에 유리한 기후조건을 가지고 있어 현재 58만ha에 달하는 넓은 면적에서 사탕수수가 경작되고 있다. 2007년 기준 동부지역의 사탕수수 수확량이 3,000만 톤에 달했는데, 이는 아프리카 전체 사탕수수 수확량의 1/3에 해당하는 것이다.<sup>30)</sup> 동부아프리카 국가들은 다른 아프리카 국가들에 비해 정정이 안정되어 있고 경제수준도 높은 편이어서, 향후 농업기술 증진, 투자확대 등으로 농업여건이 개선된다면 더 많은 양의 사탕수수를 생산할 수 있을 것으로 예상된다.

30) UN Department of Economic and Social Affairs(2007), *Small-Scale Production and Use of Liquid Biofuels in Sub-Saharan Africa: Perspective for Sustainable Development*.



표 3-5. 아프리카 주요 국가별 사탕수수 생산 및 경작면적(2007년)

국가	생산량(천 톤)	경작지 면적(ha)
아프리카 전체	90,557	1,652,152
남아공	20,275	420,000
이집트	16,317	135,500
수단	7,500	72,000
스와질란드	5,000	53,000
케냐	4,933	59,201
모리셔스	4,749	65,259
짐바브웨	3,100	36,000
마다가스카르	2,691	83,000
잠비아	2,500	24,000
말라위	2,450	23,000
탄자니아	2,450	23,000
모잠비크	2,060	160,000
우간다	1,950	20,000

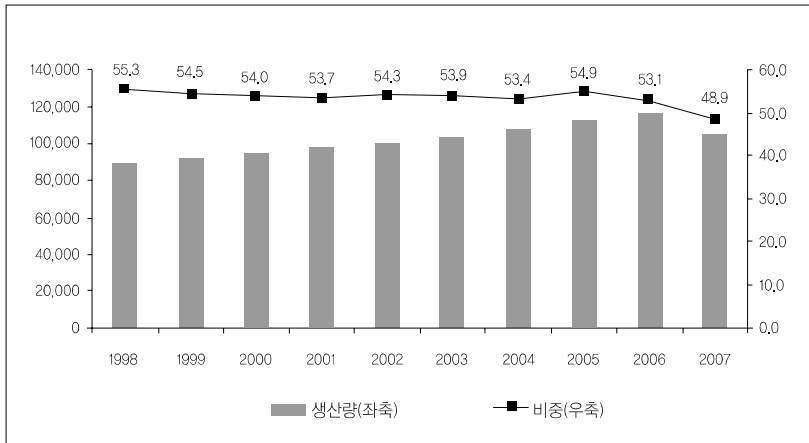
자료: FAOSTAT.

## 2) 카사바

아프리카는 세계적인 카사바 생산지이다. 전 세계 카사바의 약 50% 가량이 아프리카 대륙에서 생산되고 있기 때문이다. 주로 열대와 아열대 지역에 분포하는 카사바는 토질이 열악해도 잘 자라는 특성이 있어 아프리카의 건조한 토지에 적합한 식물이다. 대표적 구황작물 중 하나인 카사바는 고구마 처럼 생긴 뿌리가 땅 밑에서 퍼지면서 자라나는 특성이 있다. 약 30~50cm의 길이로 고구마보다 훨씬 크고, 뿌리의 껍질을 벗겨 찌거나 가루를 만들어 죽을 써서 먹을 수 있기 때문에 아프리카 농민들이 즐겨먹는 식재료 중 하나이다. 비교적 경작이 손쉽고 아무데서나 잘 자라며, 식량작물로 탁월하기 때문에 아프리카의 많은 농민이 카사바를 경작하고 있다. 아프리카의 연간 카사바 생산량은 약 1억 톤을 넘어서며, 아프리카의 농산품 중 생산량이 가장 많은 것으로 나타났다. 2005년 생산액 기준 아프리카의 총농산품 생산에서 카사바가 차지하는 비중은 25%에 달했다.

그림 3-6. 아프리카 카사바 생산량 및 전 세계에서 차지하는 비중

(단위: 천 톤, %)



자료: FAOSTAT.

표 3-6. 아프리카의 주요 농산물

순 위	농산물	생산액(백만 달러)	생산량(천 톤)
1	소고기, 양고기 등	10,092	4,879
2	카사바	7,500	104,952
3	암	7,246	44,515
4	우유	6,923	26,579
5	질경이(Plantains)	4,887	24,378
6	쌀, 벼	4,320	21,315
7	땅콩	4,124	9,157
8	닭고기	3,759	3,222
9	토마토	3,535	14,919
10	옥수수	3,423	47,744
11	수수	2,794	26,065
12	밀	2,682	18,890

주: 2007년 기준.

자료: FAO(2009), FAOSTAT.

근래 들어 아프리카에서 카사바가 바이오에너지의 주요 원료로 주목받기 시작하였다. 카사바가 바이오에탄올의 주원재료인 사탕수수에 버금가는 에너지

지벨런스를 갖추고 있기 때문에 바이오에너지 원료로서 경제성이 높은 것으로 평가되고 있다. 또한 토질과 기후에 상관없이 파종에서 경작까지의 시간이 짧고 수확작업이 손쉽다는 점에서도 바이오에너지 연료로서 적합한 특성을 갖추고 있다.

아프리카 일부 지역에서는 이미 카사바를 이용한 바이오에탄올 생산 준비에 들어갔다. 특히 카사바 생산이 가장 활발한 서부아프리카지역에서 카사바를 원료로 한 바이오에너지 생산 잠재력은 매우 높다. 서부아프리카 최대 경제대국인 나이지리아는 전 세계 1위의 카사바 생산국이기도 하다. 한 해 나이지리아의 카사바 생산량이 3,400만 톤에 달하는데 이는 전 세계 카사바 생산량의 1/5 이상에 해당하는 규모이다. 또한 이는 아프리카 전체 카사바 생산의 1/3에 해당하는 규모이다. 나이지리아 이외에도 콩고민주공화국(세계 4위), 가나(세계 5위), 앙골라(세계 6위), 탄자니아(세계 10위) 등이 전 세계 카사바 생산량 순위에서 상위를 차지하고 있다. 아프리카 국가들은 카사바 생산을 더욱 확대하고 이를 통해 바이오에탄올 생산을 지속적으로 늘려나간다는 계획을 가지고 있다.

▣ 표 3-7. 아프리카의 주요 국가별 카사바 생산 및 경작지 면적(2007년) ▣

국가	생산량(천 톤)	경작지 면적(ha)
아프리카 전체	104,952	11,910,043
나이지리아	34,410	3,875,000
콩고민주공화국	15,004	1,849,203
가나	9,650	800,000
앙골라	8,800	760,000
탄자니아	6,600	675,000
모잠비크	5,039	850,000
우간다	4,456	371,000
말라위	3,239	172,539
마다가스카르	2,400	320,000
코트디부아르	2,342	320,843

자료: FAO(2009), FAOSTAT.

### 3) 단수수(sweet sorghum)

단수수(sweet sorghum)는 본래 열대 아프리카를 원산지로 하는 식용작물이다. 줄기에 10~16%의 당분이 포함되어 있기 때문에 감미료, 시럽 등 원료로 사용되거나, 당 발효를 거쳐 알코올음료에 사용되기도 했다. 최근 단수수의 에너지효율이 사탕수수 못지않다는 사실이 밝혀지면서 바이오에너지의 원료로 급부상하고 있다.

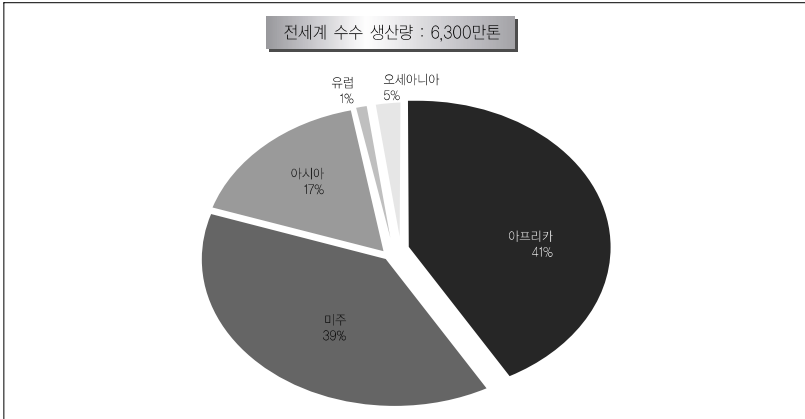
단수수의 가장 큰 강점은 바이오에너지 생산성이 높다는 것이다. 단수수의 단위 재배면적당(1ha) 바이오에너지 생산량은 4,200리터에 달한다. 이는 사탕수수의 단위면적당 바이오에너지 생산성인 7,500리터에는 못미치지만, 팜유(3,000리터), 옥수수(2,500리터), 카사바(1,500리터) 등 다른 주요 바이오에너지 원료에 비해 크게 높은 수치이다. 에너지효율도 높은 편인데, 단수수의 에너지효율은 88.2GJ/ha로 옥수수(52.5GJ/ha)보다도 훨씬 높은 것으로 나타났다.

단수수가 바이오에너지 원료로 각광받는 또 다른 이유는 기후적응력이 강해 재배지역이 넓다는 것이다. 단수수 경작에 가장 적합한 온도는 섭씨 15~26도 정도로 주로 열대지방이다. 그러나 단수수는 기후적응력이 높아 온대지역에서도 많이 재배되고 있다. 가뭄에 대한 적응력도 좋은 편이어서 일부 지방에서는 ‘낙타식물’이라는 별칭으로 불리기도 한다. 따라서 아프리카에서도 열대와 온대 지역에 걸친 방대한 지역에서 단수수가 경작되고 있다.<sup>31)</sup> 단수수는 본래 아프리카를 원산지로 하고 있는 만큼, 아프리카의 단수수 생산량은 세계 최고 수준이다. 현재 아프리카의 단수수 생산량은 전 세계 생산량의 41%를 차지하고 있다.<sup>32)</sup>

31) UN Department of Economic and Social Affairs(2007), *Small-Scale Production and Use of Liquid Biofuels in Sub-Saharan Africa: Perspective for Sustainable Development*.

32) 단수수의 생산통계는 나와 있지 않지만, 수수(Sorghum) 생산통계를 통해 이를 추정해볼 수 있다.

그림 3-7. 단수수의 대륙별 생산비중



자료: FAO(2009), FAOSTAT.

4) 팜유 및 기타 식물성 기름

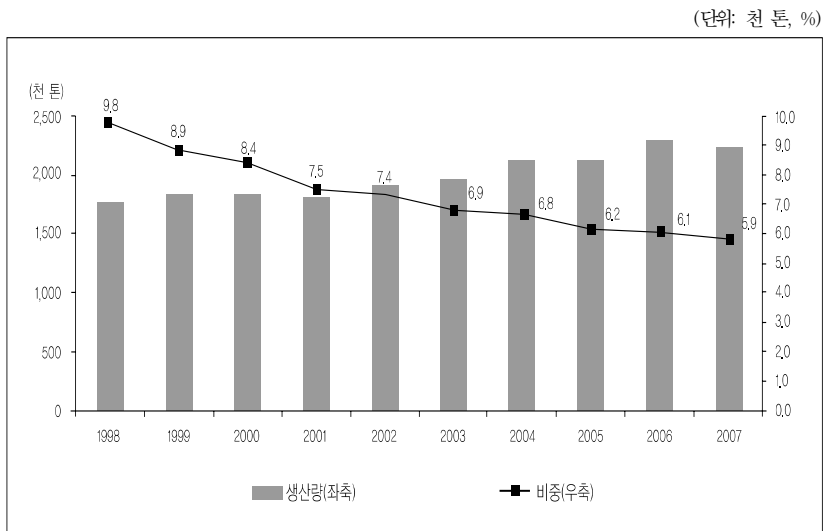
팜유 역시 최근 바이오디젤의 원료로 급부상하고 있다. 팜유가 주목받는 이유는 가격경쟁력과 높은 에너지효율 때문이다. 팜유란 원래 기름야자의 열매에서 추출한 식물성 기름을 말한다. 대두유, 유채씨유 등 다른 식물성 기름보다 가격이 월등히 낮다는 이점을 가지고 있다. 가격이 낮은 데 비해 팜유의 에너지효율은 다른 바이오디젤 작물에 비해 크게 높다.<sup>33)</sup> 대두유의 에너지효율이 17.5GJ/ha에 불과한 데 비해, 팜유는 105GJ/ha로 무려 5배 이상의 에너지효율을 가지고 있기 때문이다. 이처럼 가격경쟁력과 에너지효율이 높다는 이점 때문에 최근 바이오디젤의 원료로 주목받기 시작하였다. 이미 인도네시아 등지에서는 중국과 인도에 수출할 바이오디젤 원료인 팜유를 대규모로 재배하기 시작하였다.

아프리카는 팜유 생산에 적합한 기후와 토질을 가지고 있다. 팜유는 연평

33) 선진국에서는 팜유를 마가린, 쇼트닝 등 식품의 원료로 쓴다. 그러나 가격이 낮다는 이점 때문에 개도국에서는 식용기름으로 사용하기도 한다.

균 기후 섭씨 22~32도, 평균 강수량 400mm 미만의 열대지역에서 잘 자란다. 특히 중앙아프리카지역은 팜유 재배에 적합한 대규모 열대우림을 가지고 있어, 향후 인도네시아와 말레이시아의 팜유 생산을 대체할 수 있는 여지가 많은 것으로 평가되고 있다. 현재 아프리카에서는 연간 약 200만 톤의 팜유가 생산되고 있는데, 이는 전 세계 생산량에서 6% 정도를 차지하는 양이다. 최대 생산국가는 나이지리아로 아프리카 전체 팜유 생산의 절반 정도를 차지하고 있다. 1990년대까지는 아프리카의 팜유 생산량이 전 세계 총생산에서 차지하는 비중이 약 10%에 달했지만, 2000년 이후 중국, 말레이시아, 인도네시아 등 아시아 국가들의 팜유 생산량이 크게 늘면서 아프리카의 비중은 조금씩 감소하고 있는 추세이다.<sup>34)</sup>

■ 그림 3-8. 아프리카 팜유 생산량 및 전 세계 비중 ■

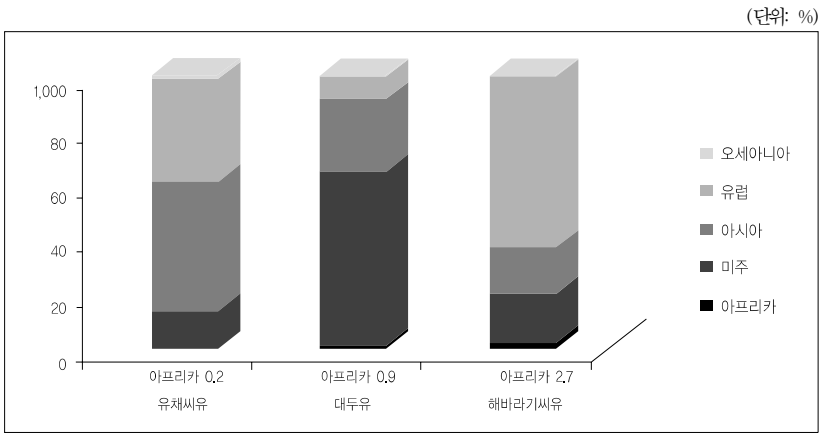


자료: FAO(2009), FAOSTAT.

34) UN Department of Economic and Social Affairs(2007), *Small-Scale Production and Use of Liquid Biofuels in Sub-Saharan Africa: Perspective for Sustainable Development*.

팜유 이외에도 바이오디젤의 생산원료로 해바라기씨유, 대두유, 유채씨 유 등이 많이 사용되고 있다. 아프리카에서는 한 해 31만 톤의 해바라기씨유가 생산되고 있는데, 이는 전 세계 생산량의 2.7%에 해당하는 양이다.<sup>35)</sup> 유채 씨유와 대두유는 전 세계 생산량에서 각각 0.2%와 0.9%에 해당하는 적은 양이 생산되고 있다.<sup>36)</sup>

그림 3-9. 기름유의 대륙별 생산비중



자료: FAO(2009), FAOSTAT.

## 나. 비식용작물

### 1) 자트로파(Jatropha)

아프리카에서 생산되는 바이오에너지 작물 중 가장 주목받는 것이 바로 자트로파(Jatropha)이다. 첫째, 바이오에너지 원료로서 자트로파의 가장 큰 장점은 비식용작물이라는 점이다. 앞에서 언급한 카사바, 사탕수수, 팜유 등

35) 해바라기씨유는 동유럽을 중심으로 유럽 등지에서 다량 생산되고 있다.

36) 대두유, 유채씨유 등의 바이오디젤 작물은 주로 아시아, 미주 등지에서 생산되고 있다.

은 모두 에너지밸런스가 뛰어나고 아프리카에서 다량으로 재배되는 작물이라는 점에서 중요한 바이오에너지 원료로 주목받고 있다. 그러나 이들은 모두 아프리카 가난한 농민들의 주식이기 때문에 바이오에너지 원료로 사용하는 데에는 제한적일 수밖에 없을 것이다. 식량작물들을 바이오에너지 생산에 대거 사용하게 되면 이는 식량문제 해결에 역행한다는 비판에 직면하게 될 것이다. 이런 점에서 비식용작물인 자트로파가 새로운 바이오에너지 작물로 각광받고 있다. 자트로파는 전통적으로 비누 원료 또는 등불의 연료로 사용되고 있다. 또한 나무껍질은 염색, 어망 등의 공업재료로 사용되며, 남은 찌꺼기는 유기비료의 원료로 사용되고 있다.<sup>37)</sup> 자트로파는 식용작물 재배지역이 아닌 척박한 땅에서도 잘 자라는 습성을 가지고 있다. 이에 따라 바이오연료 작물 재배로 인해 비옥한 식량재배토지가 사라지고 있다는 비판도 피해갈 수 있다.

둘째, 자트로파의 또 다른 장점은 경작이 쉽고 열악한 환경에도 잘 자라기 때문에 경제성이 높다는 점이다. 자트로파는 토질이 좋지 않은 곳에서도 잘 자라는 ‘잡초’와 같은 식물로 별도의 물이나 비료 없이도 잘 자라며 한번 심으면 1년에 두 번 이상 수확이 가능하여 수확량도 많다. 자트로파는 보통 1년에 1ha당 8.8톤의 자트로파씨(또는 2,200리터의 자트로파유)를 생산할 수 있다. Mersie Ejigu(2008)는 자트로파의 바이오에너지 배출량이 다른 바이오에너지 작물인 사탕수수, 팜유보다는 적은 편이지만, 경작이 쉽고 어디서나 수확이 가능하다는 장점 때문에 자트로파의 경제성이 다른 어느 작물보다 뛰어나다고 강조하고 있다. 실제로 자트로파로 만든 바이오연료 생산 비용은 사탕수수, 옥수수, 사탕무 등 다른 바이오작물에 비해 크게 낮은 수준이다. [그림 3-10]에서 보듯이, 자트로파를 사용한 바이오연료 생산비용은 배럴당 43달러로 사탕수수로 만든 바이오연료 생산비용의 절반, 2세대

37) FAO(2009). *The state of Food and Agriculture*.

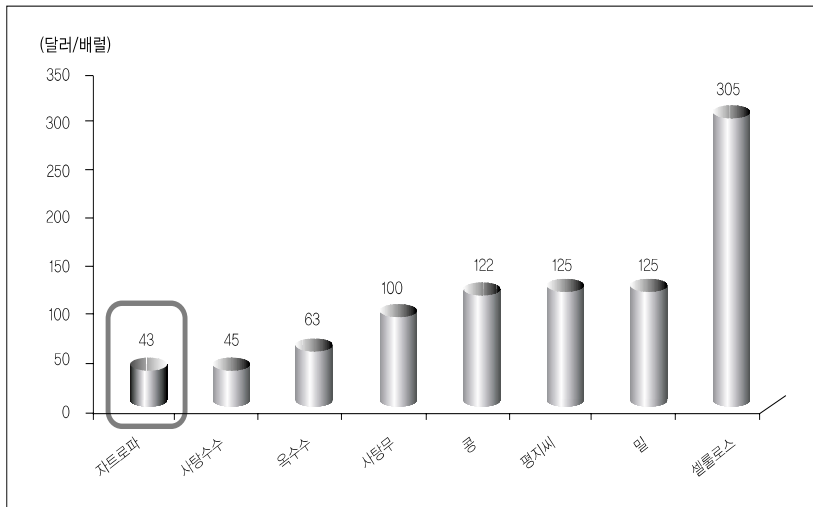


바이오에너지 작물인 셀룰로스(cellulose)<sup>38)</sup>의 1/6에 불과하다.

셋째, 자트로파는 환경친화적이라는 강점을 가지고 있다. 다른 바이오에너지 작물은 자라는 동안 토양의 영양분을 빼앗아 다른 식량작물의 성장을 방해하지만, 자트로파는 오히려 토양 영양분인 니트로젠(nitrogen)의 양을 조정하여 토양의 질을 향상시키는 역할을 한다.<sup>39)</sup> 이는 아프리카와 같이 식량부족에 시달리는 지역에서 자트로파와 곡식을 함께 경작할 수 있다는 것을 의미하기도 한다.

지금까지 살펴본 바와 같이 자트로파는 바이오디젤 연료로서 여러 장점을 지니고 있기 때문에 식량문제와 에너지문제를 동시에 걱정해야 하는 개발도상국에 적합하다는 평가를 받고 있다.

■ 그림 3-10. 원료별 바이오에너지 생산비용 비교 ■



자료: 『한겨레신문』(2007. 9. 10).

38) 셀룰로스(cellulose)는 초본, 임목과 볏짚, 왕겨와 같은 농부산물을 포함하며, 2세대 바이오에너지 작물이다.

39) International Fund for Agricultural Development(2008), "High-Level Consultation on Pro-Poor Jatropha Development," April 10-11, Rome.

아프리카는 전체 경지의 50%가 자트로파 재배에 적합한 기후환경을 갖추고 있다. 자트로파는 열대기후에서 잘 자라는 습성을 가지고 있는데 서부아프리카와 동부아프리카 대부분의 지역이 열대기후에 속해 있어 자트로파 재배에 적합하다. 아프리카에서 자트로파는 바람, 홍수, 침식 등 자연재해로부터 곡식을 보호하는 일종의 바람막이로 주로 밭 들레에 많이 심어졌다. 그러나 최근에는 자트로파가 새로운 바이오에너지 원료로 등장하면서 동부와 서부 지역을 중심으로 자트로파 재배면적이 크게 늘어나고 있다.

현재 동부아프리카에서 자트로파를 가장 활발히 재배하고 있는 국가는 모잠비크이다. 최근 모잠비크는 30만ha 규모의 경지에 자트로파를 경작하는 사업을 시작했다. 동부지역의 말라위도 최근 영국계 바이오연료 회사인 D1사의 투자를 받아들여 5만 5,000ha 규모의 자트로파 농장을 설립하였다.

서부지역에서는 부르키나파소와 말리, 세네갈이 두드러진 자트로파 재배 실적을 보이고 있다. 부르키나파소는 현재 2만 5,000ha 규모의 경지에서 자트로파를 경작하고 있으며, 국립 농업연구소는 바이오디젤 연료로서 자트로파를 사용하기 위한 타당성 검사와 품종개량 연구에 착수하였다. 세네갈의 바이오에너지 정책은 자트로파 재배를 통한 바이오디젤 생산 확대에 초점을 맞추고 있는데, 2006년부터 시작된 바이오에너지 육성정책에 따라 현재 32만ha의 경지에서 자트로파를 생산하고 있다.<sup>40)</sup>

이 국가들 이외에도 말리, 잠비아 등이 자트로파를 경작하여 바이오디젤을 생산하는 파일릿 프로젝트를 실시하고 있다.<sup>41)</sup>

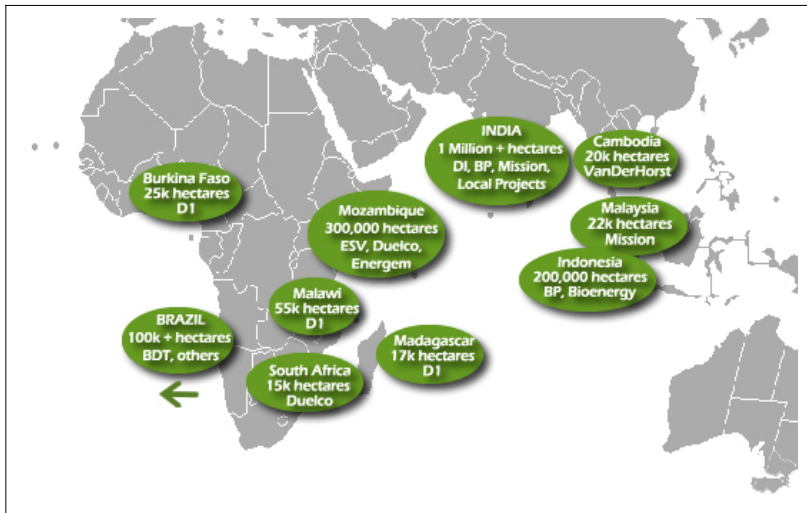
전체적으로 볼 때 아직까지 아프리카의 자트로파 생산은 미미한 양에 불과하다. 전 세계 자트로파 생산의 대부분은 인도와 인도네시아, 말레이시아 등의 아시아 국가들과 브라질과 같은 중남미 국가들이 차지하고 있다. 그러

40) UN Foundation(2008), *Sustainable Bioenergy Development in UEMOA Member Countries*.

41) Mangoyana, R. B(2008), "Bioenergy for sustainable Development: An African Context," *Physics and Chemistry of the Earth*, 34, pp. 59-64.

나 많은 아프리카 정부가 자트로파를 활용한 바이오에너지의 개발 잠재력에 주목, 다양한 육성정책을 펼치고 있고, 이에 따라 다국적 바이오에너지 기업들의 아프리카 진출이 가시화되고 있어, 향후 아프리카의 자트로파 생산이 획기적으로 늘어날 것으로 예상되고 있다.

■ 그림 3-11. 전 세계 자트로파 생산 현황 ■



자료: Emerging Market Online(2009), Biodiesel 2020: A Global Market Survey(<http://www.emerging-markets.com/biodiesel/Jatropha.html>).

## 2) 면실유(cotton seed oil)

면실유(cotton seed oil)는 목화씨로부터 추출한 식용유를 말한다. 면실유를 가공하여 바이오디젤을 만들 수 있기 때문에 면실유 생산이 활발한 서아프리카 지대에서는 이미 면실유를 이용한 바이오에너지 생산에 착수하였다.

아프리카 전체의 면실유 생산량은 현재 약 32만 톤인데 이는 전 세계 생산량의 6.2%에 해당한다. 국가별로 살펴보면 말리, 부르키나파소 등의 서아프리카 국가들이 면실유를 많이 생산하고 있다. 말리는 아프리카에서 면화

생산이 가장 활발한 국가인데 2007년 말리의 면실유 생산이 4만 톤을 기록하였다. 최근에는 면화가격 하락으로 일부 농민이 면화 생산을 중단하기도 했지만, 여전히 면실유는 자트르파와 함께 말리의 주요 바이오에너지 작물이다. 부르키나파소 역시 연간 약 3만 톤 정도의 면실유를 생산하는 주요 면실유 생산국이다. 부르키나파소 정부는 최근 면실유를 활용한 바이오디젤 생산에 관심을 보이고 있는데, 2006년 부르키나파소 무역기업부(Ministry of Trade and Enterprise Development)는 국영 석유기업인 SONABHY를 통해 면화를 원료로 한 바이오디젤 생산사업에 착수하였다.

그림 3-12. 아프리카 면실유 생산

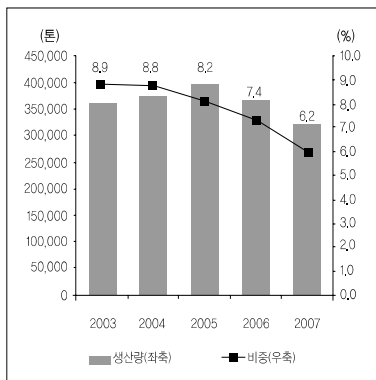
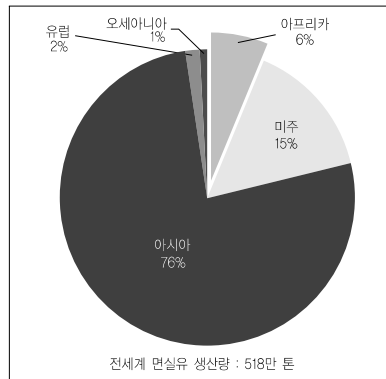


그림 3-13. 전 세계 면실유 생산비중



### 3) 님(Neem)

님(Neem)은 본래 남아시아를 원산지로서 하는 중간 크기의 나무이다. 약 5,000년 동안 인도에서 전통 약재로 사용되어왔는데, 19세기 말 인도 상인들이 님을 동아프리카 지역에 분포하면서 아프리카에 빠르게 확산되기 시작하였다. 현재 약 수억 그루의 님 나무가 사하라이남아프리카에 분포하고 있는 것으로 추정되고 있다.<sup>42)</sup>

이직까지 남은 사용된 바이오에탄올 생산은 많지 않다. 그러나 남은 비식량작물이고, 아프리카에 많이 분포해 있으며, 에너지효율성도 어느 정도 갖추고 있다는 점을 고려할 때, 향후 아프리카에서 바이오에너지 원료로서의 잠재력이 클 것으로 평가되고 있다.

### 3. 아프리카 바이오에너지 생산 전망

지금까지 살펴본 바와 같이 아프리카는 바이오에너지 작물 재배에 적합한 기후조건, 넓은 경작면적, 그리고 정부의 적극적인 바이오에너지 육성정책 등을 감안할 때, 아프리카의 바이오에너지 개발 잠재력은 다른 어느 지역보다 크다고 할 수 있다. Hagan(2007), Kerekezi(2007), Jumbe *et al.*(2009) 등 많은 연구는 향후 아프리카의 바이오에너지, 특히 바이오에탄올의 생산이 획기적으로 증가할 것이라고 전망하고 있다. 이 연구들은 스와질란드(4억 8,000만 리터), 케냐(4억 3,000만 리터), 수단(4억 리터) 등의 바이오에탄올 생산 잠재력이 크고, 가나(5,000만 리터), 니제르(1,000만 리터), 토고(1,000만 리터)에서는 바이오디젤 생산이 크게 늘어날 것으로 전망하고 있다.<sup>43)</sup>

Smeets *et al.*(2004)은 대륙별 인구증가율, 인구당 식량소비, 식량생산효율 등 여러 가지 요소를 고려하여 2050년까지 지역별 바이오에너지 생산 잠재력을 측정하였다. 농업기술 발전 정도를 고려하여 4개의 생산 잠재력 시나리오를 작성하였는데, 사하라이남아프리카는 4개 시나리오 모두에서 상위를 차지하였다(그림 3-14 참고).

42) UN Department of Economic and Social Affairs(2007), *Small-Scale Production and Use of Liquid Biofuels in Sub-Saharan Africa: Perspective for Sustainable Development*.

43) Jumbe *et al.*(2009), "Biofuel Development in Sub-Saharan Africa: Are the policies conducive?" *Energy Policy*, 37, pp. 4980-4986.

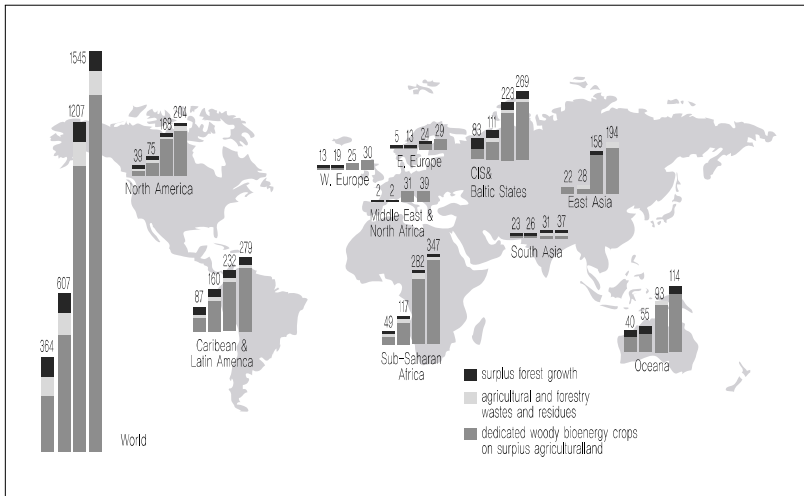
표 3-8. 아프리카 주요국의 바이오에너지 생산 잠재력

(단위: 백만 리터)

국가명	생산 작물	바이오디젤	바이오에탄올
베냉	카사바		20
부르키나파소	사탕수수		20
아이보리코스트	당밀		20
가나	자트로파	50	
기니비소	캐슈넛		10
말리	당밀		20
말라위	당밀		146
케냐	당밀		413
에티오피아	당밀		80
니제르	자트로파	10	
나이지리아	사탕수수		70
수단	당밀		408
스와질란드	당밀		480
세네갈	당밀		15
탄자니아	당밀		254
토고	자트로파	10	
우간다	당밀		119

자료: Jumble *et al.* (2009).

그림 3-14. 지역별 바이오에너지 생산 잠재력: 2050년 전망



자료: Smeets *et al.* (2004).

표 3-9. 아프리카 국가들의 바이오에너지 발전 정도 비교

그룹	제도 정책 <sup>1)</sup>	기술 <sup>2)</sup>	경제 전반	금융 자본	정보	인프라	해당 국가
1그룹	중	상	중	중	상	상	남아공
2그룹	중	중	중	중	중	중	이집트, 모로코, 알제리
3그룹	하	중	하	하	하	중	나이지리아, 리비아
4그룹	하	하	하	하	하	하	에티오피아, 차드, 모잠비크, 니제르, 소말리아, 말리

주: 1) 바이오에너지뿐만 아니라 재생에너지 정책 모두를 포함.

2) 재생에너지 관련 기술.

자료: Amigun(2009).

생산과 함께 아프리카의 바이오에너지 수요도 크게 성장할 것으로 예상된다. 바이오에너지가 아프리카의 전력부족문제, 환경오염문제, 농촌 저개발 문제를 함께 해결해줄 수 있을 것이라는 분석을 바탕으로 아프리카 정부가 바이오에너지 산업 육성과 소비장려에 힘쓰고 있기 때문이다.<sup>44)</sup>

그러나 아프리카 바이오에너지 시장이 선진국만큼 성장하고 바이오에너지가 본격적으로 상용화되기 위해서는 몇 가지 개선사항이 요구된다. 가장 먼저 바이오에너지 관련 법, 규제, 기준 등 제도적인 발전이 뒷받침되어야 한다. 미국, 브라질, 인도와 같은 주요 바이오에너지 생산국들은 바이오에너지 생산을 장려하기 위한 각종 법 및 생산기준을 잘 구비하고 있다. 그러나 아프리카에서는 남아공, 나이지리아 등 일부 국가를 제외하고는 제대로 된 바이오에너지 관련 제도가 마련되어 있지 않은 실정이다. 또한 기술 및 인프라 발전도 동반되어야 한다. 아프리카에는 아직까지 선진국이 사용하는 바이오에너지 대량생산기술이 도입되지 못하고 있다. 이외에도 자본, 정보, 인적자본 부족 등이 아프리카의 바이오에너지 상용화를 가로막는 주요 장벽들이

44) Amigun et al.(2008), "Commercialization of Biofuel Industry in Africa: A Review."

다.<sup>45)</sup> Amigun *et al.*(2008)은 바이오에너지 관련 제도, 기술발전 정도, 자본력 등을 기준으로 아프리카 국가들을 4개 그룹으로 분류하였다. 1그룹은 바이오에너지 관련 제도가 잘 갖춰져 있고 기술발전 정도가 높은 국가들로 남아공이 여기에 속한다. 2그룹은 바이오에너지 관련 제도와 기술발전 정도는 높은 편이지만 인프라, 금융자본, 인적자본 등이 부족한 국가들로 구성되는데 여기에는 주로 북아프리카 국가들이 포함된다. 3그룹은 바이오에너지 발전 가능성이 있으나 자본과 인프라가 부족한 국가들로 나이지리아, 리비아 등이 여기에 속한다. 마지막으로 4그룹은 기술발전 정도가 낮고 자본, 인프라, 인적자본이 모두 부족한 국가들로 에티오피아, 차드, 모잠비크, 니제르, 소말리아, 말리 등이 여기에 속한다.

---

45) 위의 책.



## 제4장

# 아프리카 주요국의 바이오에너지 개발정책

바이오에너지의 중요성이 높아짐에 따라 전 세계 주요 국가들은 의무사용 규정, 생산기준 설정, 연구장려, 투자유치 등을 통해 바이오에너지 산업육성 정책을 시행하고 있다. 미국, 브라질, 캐나다와 같이 바이오에너지 산업이 발달한 국가들은 바이오에너지 산업에 대한 구체적인 세제혜택, 보조금 등의 인센티브와 중장기적인 사용목표도 설정해놓고 있다. 전 세계 바이오에너지 시장을 주도하고 있는 미국은 바이오에너지 사업자에 대한 세금공제, 무상지원 및 용자 프로그램 등을 통해 바이오에너지 산업을 지원하고 있다. 또한 자동차세 공제, 혼합연료 차량에 대한 보조금 지급 등을 통해 바이오에너지 소비를 적극 장려하고 있다.<sup>46)</sup> 브라질도 바이오에너지 생산자에 대한 공업세 감면, 용자지원, 소비자에 대한 차량 면세 및 유류세 혜택을 통해 적극적인 바이오에너지 육성정책을 실시하고 있다. EU 국가들의 경우에는 국가별

46) IEA(2009), Policy and Measure Database.

로 정도의 차이는 있지만 주로 바이오에너지에 대한 부가가치세를 최소 적용 또는 면제, 자금지원, 의무혼합제 등을 통해 바이오에너지 산업육성을 유도하고 있다. 또한 바이오에너지 생산국에 대해 최혜국 관세를 적용하여 바이오에너지 생산 및 소비를 장려하고 있다.

최근 아프리카 국가들도 바이오에너지 생산 및 소비의 중요성을 인식하고 바이오에너지 육성정책을 적극 도입하고 있다. 아직까지 선진국 수준의 생산 및 소비 장려정책에는 크게 못미치지만, 바이오에너지 생산기준 확립, 소비 인센티브 도입 등을 적극 검토하고 있다. 본 장에서는 아프리카 국가 중 비교적 바이오에너지 육성 및 지원 정책이 확립된 국가들을 중심으로 바이오에너지 육성정책을 살펴보고자 한다.

## 1. 남아공

아프리카의 최대 경제대국인 남아공은 아프리카 바이오에너지 산업을 주도하는 선두주자이다. 2003년부터 남아공은 전력부족문제의 해결책으로 신재생에너지 산업에 주목하고 「신재생에너지 정책(Renewable Energy Policy)」을 수립하는 등 바이오에너지, 태양열, 풍력 등 새로운 에너지원 개발에 주력해오고 있다. 남아공은 2005년부터 경제발전의 신성장 원동력은 물론 석유자원 의존 탈피 및 환경보호차원에서 바이오에너지 산업을 적극 육성해 오고 있다. 남아공의 바이오에너지 정책은 2007년 「바이오연료 산업전략(Industrial Biofuel Strategy)」 수립으로 구체화되었는데, 이 전략은 향후 5년 이내에 전체 액체연료에서 바이오연료가 차지하는 비중을 2%(약 4억 리터)까지 끌어올리는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 바이오연료 생산지원 정책, 바이오에너지 생산 및 이용 기업에 대한 세제혜택, 수송연료로서의 이용 가능성 등을 구체적으로 제시하고 있다. 또한 바이오에탄올과 바이오디젤

의 혼합비율을 각각 8%(E-8)와 2%(BD2)<sup>47)</sup>로 책정하는 정책을 수립하기도 하였다.<sup>48)</sup>

현재 남아공의 바이오에너지 지원정책은 크게 두 가지이다. 먼저 외국인투자자 등 남아공 바이오에너지에 진출하는 기업을 지원하는 투자유인정책을 들 수 있다. 남아공 정부는 바이오에너지 산업에 진출하는 기업들에 세금감면혜택을 주고 있는데, 사업 첫 해에는 기준세금의 50%, 두 번째 해에는 30%, 세 번째 해에는 20%의 세금감면혜택을 주고 있다. 또한 에너지광물부(Department of Minerals and Energy) 산하에 재생에너지 보조금사업부를 두고 에탄올, 바이오디젤 등 바이오에너지 생산에 각종 보조금을 지급해 주고 있다. 이처럼 남아공은 보조금 사업을 통해 바이오에너지 가격을 낮추고 소비를 증진시키고 있으며, 앞으로는 석유도매상들에게 일정 비율 이상의 바이오에너지 판매의무를 부과하는 방안도 고려 중에 있다.

두 번째 방법은 투자확대를 통해 바이오에너지 생산을 대형화하는 것이다. 현재 남아공 대부분의 바이오에너지 생산은 소규모 생산시설에 의존하고 있는데, 향후 에너지 수요증가와 바이오에너지 수익성 확대를 감안할 때 생산시설의 확대가 절실한 실정이다. 이에 남아공 정부는 정부 산하 공기업, 공공기관, 은행 등을 통해 바이오에너지 생산부문에 대한 투자확대를 적극 장려하고 있다. 남아공 정부 산하의 산업개발청(Industrial Development Corporation)과 중앙 에너지펀드(Central Energy Fund)는 현재 약 3억 9,000만 달러 규모의 대규모 바이오에너지 생산시설 건립 프로젝트를 진행 중이다. 이 프로젝트는 각각 9,000만 리터와 1억 리터의 생산능력을 갖춘 대규모 바이오에탄올 생산시설 2개를 설립하는 것을 골자로 한다. 그리고 이와는 별도로 최근 새로운 바이오에탄올 공장(1억 5,000만 리터 생산 가능)

47) 바이오디젤은 혼합비율에 따라 BD 5(5% 바이오디젤, 95% 경유), BD 20(20% 바이오디젤, 80% 경유), BD 100(바이오디젤 100%) 등으로 분류되고 있는데, 아프리카에서는 BD 5가 많이 사용되고 있다.

48) South Africa Department of Minerals and Energy(2006), *Industrial Biofuel Strategy of the South Africa*.

건립에 대한 타당성 조사에 착수했다.<sup>49)</sup> 또한 선진국의 바이오에너지 생산 기술을 차입하기보다는 남아공의 기후조건 및 생산여건에 적합한 자체 생산 기술 개발에 주력하고 있다. 특히 자국의 식량문제에 영향을 주지 않으면서 효율적으로 에너지를 생산할 수 있는 비식용작물에 대한 연구를 강화하고 있다. 이를 위해 5년간 약 2,000만 달러를 남아공 현지의 Stellenbosch 대학에 지원하여 바이오에너지 생산기술을 연구하도록 하고 있다. Stellenbosch 대학의 바이오에너지 생산기술 연구는 비식용작물을 이용한 바이오에너지 생산기술, 2세대 바이오에너지 생산기술, 기후에 적합한 원료작물 연구, 바이오 에너지를 사용한 발전기기 연구 등에 초점을 맞추고 있다.<sup>50)</sup>

남아공 정부는 옥수수를 원료로 하는 바이오에탄올 생산이 심각한 식량안보문제를 야기할 수 있다는 것을 인지하고, 옥수수를 제외한 다른 원료작물을 바이오에너지 생산에 사용할 것을 적극 권장하고 있다. 2007년 발표된 「바이오연료 산업전략」에서는 사탕수수과 사탕무를 바이오에탄올의 주요 원료로, 대두유와 카놀라유, 해바라기씨유 등을 바이오디젤의 주요 원료로 사용할 것임을 명시하였다. 특히 사탕수수와 사탕무를 사용한 바이오에너지 생산을 적극 권장하고 있는데, 남아공에서는 사탕수수와 사탕무를 이용한 바이오에탄올 생산의 수익성이 가장 높기 때문이다. 현재 남아공 정부는 사탕수수 농지 확보에 적극적으로 나서고 있다.<sup>51)</sup>

49) USDA Foreign Agricultural Service(2009), *Biofuel Annual: South Africa*.

50) 위의 책.

51) Meyer, Ferdi *et al.*(2009), "Biofuel Development in the SADC Region," Bureau for Good and Agricultural Policy.

## 2. 나이지리아

아프리카의 원유대국 나이지리아도 바이오에너지 생산에 큰 관심을 가지고 관련 정책을 추진하고 있다. 나이지리아 정부가 바이오에너지에 관심을 갖게 된 가장 큰 동기는 심각한 전력난 때문이다. 나이지리아는 전력시설에 대한 투자부족과 기존 시설에 대한 관리소홀 등으로 인해 전력공급이 수요를 따라가지 못하고 있다. 나이지리아 국민 가운데 전기를 사용할 수 있는 인구 비중은 40%에도 미치지 못하고 있는 형편이다.<sup>52)</sup> 특히 배전설비가 제대로 갖추어지지 않은 농촌지역의 전력난은 더욱 심각하다. 이에 나이지리아 정부는 바이오에너지를 통해 농촌지역의 전력문제를 해결하려 하고 있다.

나이지리아가 바이오에너지 산업 육성에 주력하고 있는 두 번째 이유는 산업화에 따른 환경오염을 줄이겠다는 의지에서 비롯된다. 나이지리아는 일산 250만 배럴의 원유 생산능력을 가지고 있는 아프리카 2위, 세계 7위의 산유국이다. 원유가스부문이 외환수입의 95%, 재정수입의 75% 이상을 차지하고 있고 국내총생산의 30% 이상을 점유할 정도로 원유가스부문에 대한 경제적 의존도가 높다. 2000년대 초반 이후 국제 석유가격이 상승세로 돌아서자 나이지리아 경제는 6%대의 높은 성장세를 보여왔다.<sup>53)</sup> 나이지리아의 높은 경제성장은 주요 도시의 급격한 산업화를 야기했고 이는 환경오염으로 이어졌다. 환경오염에 대한 인식과 대비가 전혀 없는 상태에서 주요 도시를 중심으로 심각한 환경오염을 겪고 있는 것이다. 이에 나이지리아 정부는 바이오에너지 생산을 통해 전력문제의 해결과 함께 환경오염문제의 해결을 시도하고 있다. 이를 위해 나이지리아 정부는 2005년 바이오에너지 관련 정책을 수립하고 바이오에너지 산업 육성을 본격적으로 추진해오고 있다. 2005년 나이지리아 에너지위원회(Energy Commission of Nigeria)는 UNDP와

52) World Bank(2009), *World Development Indicators*; EIU(2009), *Country Profile: Nigeria*.

53) EIU(2009), *Country Profile: Nigeria*.

함께 「재생에너지 마스터플랜」을 수립하기도 하였는데, 이 마스터플랜에서는 태양열, 수력, 풍력 등 친환경에너지와 함께 바이오에너지를 나이지리아의 신에너지원으로 선정하였다. 또한 이 마스터플랜을 통해 나이지리아 정부는 2015년까지 바이오에너지의 전력생산량을 100MW로 확대하고 2025년에는 800MW까지 확대한다는 장기적인 생산목표를 설정하였다. 그리고 정부와 국영 석유회사인 NNPC(Nigerian National Petroleum Corporation)는 나이지리아 전역에서 카사바와 사탕수수 재배지역을 선정하고 바이오에너지 생산을 위한 타당성 조사에 착수했다.

나이지리아의 바이오에너지 정책은 2007년 「바이오에너지 정책(National Policy on Biofuel)」을 수립하면서 더욱 구체화되기 시작하였다. 이 정책은 나이지리아에서 생산될 바이오에너지 혼합비 목표 수립과 바이오에너지 산업 육성을 위한 각종 지원정책을 골자로 한다. 이 정책에 따라 에탄올과 기술린의 혼합비율을 10대 90으로 하는 E-10과 바이오디젤과 일반 디젤의 혼합비율을 20대 80으로 하는 B20이 정책목표로 설정되었다. 또한 2020년까지 바이오에너지 국내 수요량 전체를 국내 생산을 통해 조달하겠다는 생산목표도 수립되었다. 바이오에너지 산업에 대한 기업투자를 늘리기 위해 투자기업에 10년간 세금을 감면해주는 정책도 시행되고 있다.<sup>54)</sup>

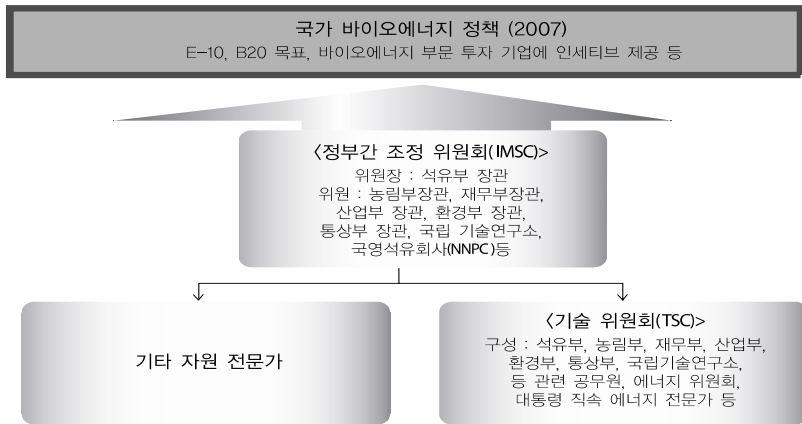
나이지리아는 바이오에너지 관련 정책을 좀더 효율적으로 운영하기 위해 별도의 정책시행기관을 설립하였다. 정부부처 간 조정위원회(Inter-Ministry Steering Committee)를 설립하고, 바이오에너지 주요 정책을 관할하게 한 것이다. 정부부처 간 조정위원회는 석유부 장관이 위원장을 맡고 있고, 농림부, 재무부, 산업부 등 주요 부처 장관들과 국영 석유회사, 국립기술위원회 관련자들이 위원회를 구성하고 있다. 정부부처 간 조정위원회 산하에는 기술위원회를 조직하여 관련 정부부처 공무원들과 에너지위원회, 대통령 직속 에

54) NNPC(2007), *Draft Nigerian Bio-fuel Policy and Incentives*.

너지분과 공무원들이 기술자문을 하도록 하였다. 이들은 국내외 바이오에너지 정책 및 기술 동향을 관찰하고 나이지리아 국내 바이오에너지 규제 및 법률 정비, 생산감독 등을 주요 업무로 한다.

나이지리아 바이오에너지 정책의 큰 특징은 국영 석유회사인 NNPC가 바이오에너지 생산에 주도적인 역할을 하고 있다는 점이다. 아프리카 대부분 국가의 경우 외국계 바이오에너지 회사가 바이오에너지 생산부문을 독점하고 있는 데 반해 나이지리아에서는 국영 석유회사(NNPC)가 외국계 기업 또는 국내 중소기업들과 민관합작투자(Public Private Partnership) 형태로 바이오에너지를 생산하고 있다. NNPC는 산하에 별도의 재생에너지사업부(Renewable Energy Division)를 신설하는 등 바이오에너지 사업에 적극적으로 동참하고 있다.<sup>55)</sup> NNPC가 국가 바이오에너지 정책 및 규제 수립에도 주도적인 역할을 하고 있다는 것을 감안할 때, 향후 나이지리아의 바이오에너지 산업은 NNPC가 계속해서 주도해 나갈것으로 전망되고 있다.

■ 그림 4-1. 나이지리아의 바이오에너지 정책 및 추진체계 ■



자료: 저자 작성.

55) Innocent Azih(2008), "Biofuel Demand: Opportunities for Rural Development in Africa(Nigerian Case Study)."

나이지리아 각 주의 지방정부들도 바이오에너지 산업 지원에 힘쓰고 있다. 나이지리아 나사라와(Nasrawa) 주정부의 경우에는 약 2,700만 달러 규모의 펀드를 조성하고 이를 바이오에탄올 생산에 투입할 방침이다. 또한 농업수출 지원센터를 설립하여 바이오에너지 생산 및 수출을 전담하게 할 계획이다. 외국인투자 유치에도 적극 나서고 있는데 도마(Doma) 지역에 대규모 카사바 생산지와 바이오에탄올 생산설비를 건립한다는 계획을 추진하고 있다.

### 3. 모잠비크<sup>56)</sup>

모잠비크는 아프리카에서 바이오에너지 정책을 가장 활발히 추진하고 있는 국가이다. 모잠비크가 추진하고 있는 바이오에너지 정책의 핵심은 현재 소규모로 이루어지고 있는 바이오에너지 생산을 대규모 생산체제로 전환시킨다는 것이다. 모잠비크 정부는 바이오에너지 생산의 대형화를 통해 에너지 생산의 효율성을 높이고 주변국에 바이오에너지를 수출하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 통해 대체연료 생산은 물론 외화소득과 농업·농촌의 발전을 꾀하고 있다.

모잠비크의 바이오에너지 정책은 2009년 5월 바이오에너지 관련 정책 및 추진방안이 공식 발표되면서 보다 구체화되었다. 이 정책은 바이오에너지 산업 육성을 통해 모잠비크의 에너지안보와 지속가능한 발전을 꾀하는 것을 골자로 하고 있으며, 바이오에너지 생산의 대형화라는 정책기조 하에 관련 행정체제 정비, 환경규제 강화, 혼합비 설정 등에 관한 정책이 수립되었다.

먼저 행정지원체제를 보면 ‘국가 바이오에너지 육성 프로그램(National Programme for Biofuel Development)’을 마련하여 바이오에너지 생산기업

---

56) Jassen et al.(2009), *Bioenergy for Sustainable Development in Africa*.



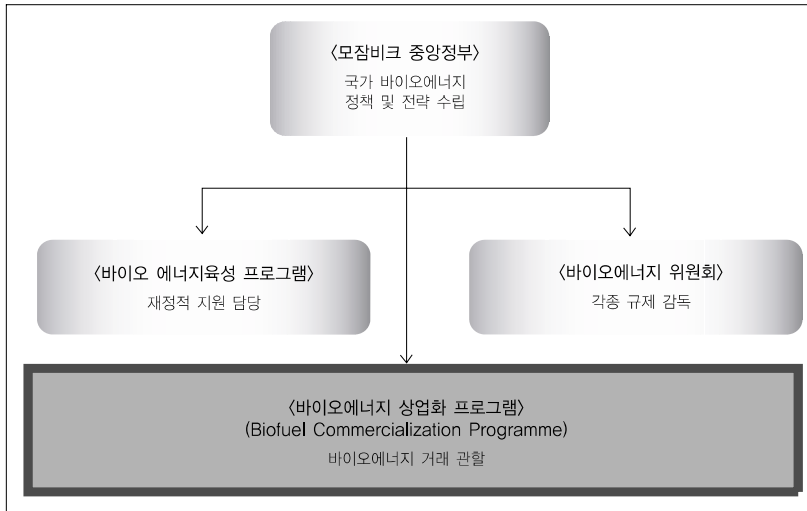
에 대한 재정적인 지원을 하고 있다. 또한 ‘바이오에너지 위원회(National Commission for Biofuel)’를 신설하고 바이오에너지 생산 및 소비와 관련하여 제반 관련 정책을 관장하도록 하였다.

나이가 모잠비크는 바이오에너지를 실제로 사고 팔 수 있는 바이오에너지 거래소를 설립하는 방안을 추진 중에 있는데, 우선적으로 ‘바이오에너지 상업화 프로그램(Biofuel Commercialization Programme)’을 통해 바이오에탄올과 바이오디젤을 공식적으로 거래도록 한다는 계획이다.

이와 병행하여 현재 모잠비크 정부는 바이오에너지 생산과 관련하여 엄격한 환경규제를 적용하고 있는데, 바이오에너지 작물을 경작할 때는 관련 법령(Round Table for Sustainable Biofuel 및 European Renewable Energy Directives)에 명시된 환경규정을 준수해야 한다. 이는 무분별한 바이오에너지 경작으로 인해 토지영양분 손실, 생태계 파괴 등이 발생하는 것을 방지하기 위함이다.

모잠비크 정부의 바이오에너지 정책 중 가장 주목할 만한 점은 토지구분 정책이다. 모잠비크와 같은 최빈국에서 바이오에너지 육성정책을 추진하는데 가장 큰 걸림돌은 역시 식량안보문제가 아닐 수 없다. 식량작물이 재배될 토지에 바이오에너지 작물이 재배되면 그만큼 식량 생산이 감소할 것이고 이는 식량문제를 악화시키는 또 다른 주범이 될 것이기 때문이다. 모잠비크 정부는 이런 문제를 해결하기 위해 식량 재배용 토지와 바이오에너지 작물 재배용 토지를 구분하였다. 이에 따라 모잠비크에서 바이오에너지 작물을 재배하고자 할 경우에는 정부의 사전승인을 득해야 한다. 물론 이는 언급한 바와 같이 무분별한 바이오에너지 작물 재배로 인해 식량작물 경작이 방해를 받거나 식량 경작을 위한 토지가 줄어들 것을 방지하기 위한 제도적인 장치이다.

## 그림 4-2. 모잠비크의 바이오에너지 지원행정체계



자료: 각종 자료를 토대로 저자 작성.

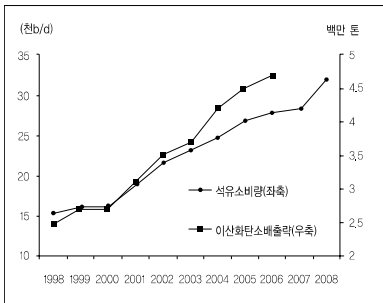
## 4. 탄자니아

탄자니아 정부는 2006년 4월 환경부 산하에 ‘바이오연료 T/F’를 구성하고 바이오연료 생산 가이드라인, 규제 및 법률 수립 등을 담당하게 하였다. 탄자니아 정부가 바이오연료에 커다란 관심을 가지게 된 것은 탄자니아의 높은 석유소비의존도와 이산화탄소 배출 증가에 따른 환경문제와 관련이 깊다고 할 수 있다. 탄자니아의 에너지수요는 높은 경제성장과 빠른 산업발전으로 급속히 늘어나고 있는데, 2000년 이후 석유소비증가율이 연간 30%에 달하고 있다. 이러한 석유소비증가와 함께 2000년대 초반 이후 국제유가 상승은 석유소비의 전량을 수입에 의존하는 탄자니아에 커다란 재정적 부담으로 작용할 수밖에 없다. 또한 산업발전에 따른 이산화탄소 배출량도 무시할 수 있는 수준이 아니다. 특히 탄자니아 석유소비의 40%를 차지하고 있는

수송부문의 환경오염이 심각한 수준에 이르렀는데, 빠르게 늘어나고 있는 자동차를 감안할 때 탄자니아의 대기오염은 도심 및 인근 지역을 중심으로 더욱 확대될 것으로 예상된다.

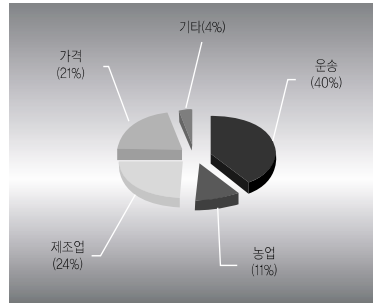
이러한 석유의존적 산업구조에서 탈피하고, 이와 동시에 이산화탄소 배출 증가에 따른 환경오염문제를 해소하기 위한 방편으로 탄자니아 정부는 다른 어느 아프리카 국가들보다 바이오연료 생산사업에 많은 노력을 기울이고 있다. 이 중에서도 특히 수송수단의 연료로 사용할 수 있는 바이오디젤의 생산 확대에 정책의 초점을 맞추고 있다.<sup>57)</sup>

그림 4-3. 탄자니아의 석유소비량 및 이산화탄소 배출량



자료: EIA(2009).

그림 4-4. 탄자니아 석유소비구조



자료: GTZ(2005).

탄자니아 바이오연료 정책 아직 초기단계로 구체적인 정책들이 충분히 마련되지 않았다.<sup>58)</sup> 그러나 정부의 ‘바이오연료 T/F’ 보고서, FAO, UNDP 등 국제기구들의 탄자니아 바이오에너지 정책 가이드라인을 볼 때 앞으로 탄자니아 바이오에너지 정책이 한층 더 탄력받을 것으로 예상된다. 이에 따

57) GTZ(2005), *Liquid Biofuels for Transportation in Tanzania*.

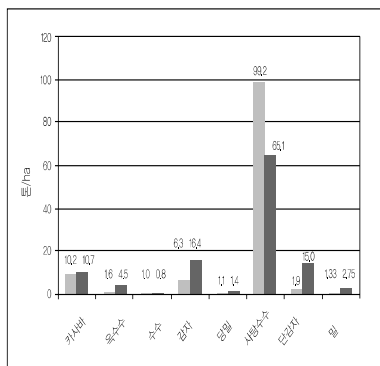
58) ‘바이오연료 T/F’가 2009년 확정 정책 수립을 목표로 바이오에너지 생산 가이드라인과 대체적인 바이오에너지 산업 육성정책을 작성하고 있지만, 아직 구체적인 정책안은 나오지 않았다.

라 바이오연료 생산확대를 위한 각종 정부 지원과 규제가 다각적으로 마련 될 것으로 예상되고 있다.

탄자니아 바이오에너지 정책은 우선적으로 자트로파, 사탕수수, 팜유, 사이 잘 등 주요 바이오에너지 작물의 생산확대에 초점을 맞출 것으로 전망된다. 탄자니아는 이 작물들의 세계적인 생산국이기 때문에 이를 활용한 바이오에너지 생산 잠재력이 다른 어느 국가들보다 크다고 할 수 있다. 특히 사탕수수는 전 세계 평균을 훨씬 웃도는 생산성을 보이고 있어 탄자니아 정부가 주목하고 있는 바이오에너지 작물 중 하나이다.

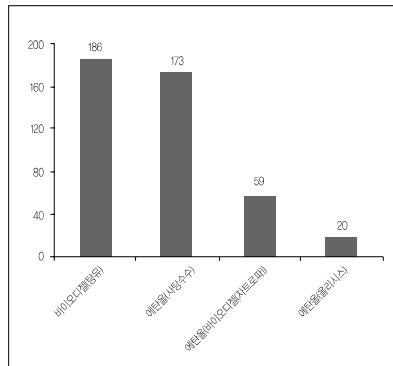
또한 모잠비크와 마찬가지로 식량작물과 바이오에너지 작물의 상충성 문제를 해결하기 위해 바이오에너지 생산용 토지와 식량작물용 토지를 구별하는 정책을 취할 것으로 보인다. 따라서 앞으로 탄자니아에서 바이오에너지 작물을 경작하기 위해서는 탄자니아 정부의 심사를 거쳐 허가권(약 5~25년 단위)을 받아야 하고, 투자자금의 일부분을 식량작물을 경작하는 데 사용해야 하는 등의 의무조항이 생길 것으로 보인다.

■ 그림 4-5. 탄자니아와 전 세계 농업생산성 비교 ■



자료: GTZ(2005), *Liquid Biofuels for Transportation in Tanzania*.

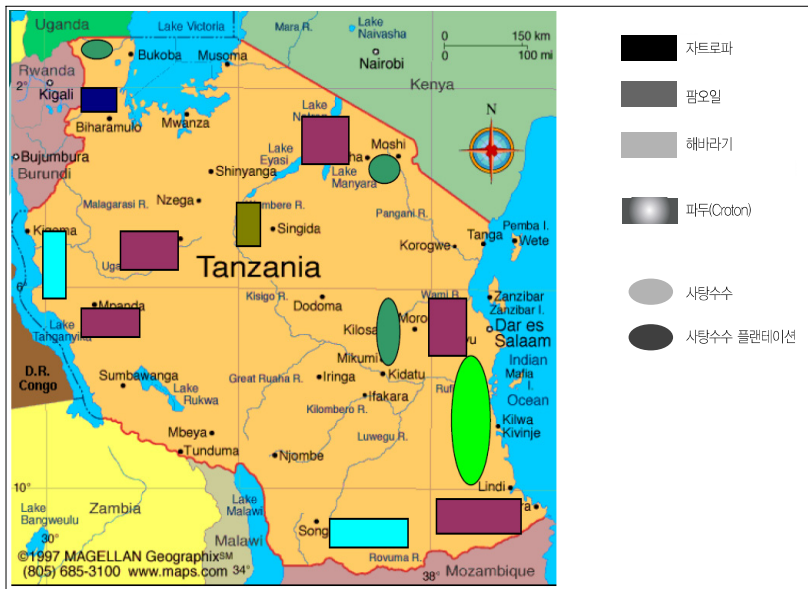
■ 그림 4-6. 탄자니아 바이오에너지 잠재성 ■



자료: GTZ(2005), *Liquid Biofuels for Transportation in Tanzania*.

외국인기업 유치를 위한 투자인센티브도 마련될 것으로 보인다. 탄자니아 정부는 바이오에너지의 실질적인 생산확대를 위해서는 무엇보다도 외국기업과의 협력이 필수적이라고 인식하고 있어 향후 외국인투자 유치를 위한 정책이 보다 적극적으로 강구될 것으로 예상되고 있다. 현재 탄자니아에는 여러 개의 바이오에너지 생산프로젝트가 진행 중에 있는데, 주로 외국계 기업들이 바이오에너지 생산을 주도하고 있다. 바이오에너지 작물 재배도 빠르게 늘어나고 있는데, 최근 독일계 기업(Prokon)과 네덜란드계 기업(Diligent)은 각각 Mpanga와 Arusha 지역에서 대규모 자트로파 생산을 시작하였다.

그림 4-7. 탄자니아의 주요 바이오에너지 작물 재배지



자료: Janssen, Rainer *et al.*(2008), *Bioenergy for Sustainable Development in Africa*, WIP Renewable Energies.

# 제5장

## 주요국의 아프리카 바이오 에너지 산업 진출동향 및 전망

### 1. 개요

아프리카 바이오에너지의 개발 잠재력이 새롭게 부각되면서 유럽기업들을 중심으로 세계 주요국의 아프리카 진출이 가시화되고 있다. 아프리카는 넓은 미개척 토지와 바이오에너지 생산에 적합한 토지 및 기후 조건을 가지고 있어 다른 어느 지역 못지않은 바이오에너지 개발 잠재력을 보유하고 있다. 또한 아프리카 바이오에너지 개발은 농촌개발, 기후변화, 탄소배출권거래 등의 글로벌 이슈와도 연결되어 있기 때문에, 세계 주요국은 아프리카 바이오에너지 생산시장에 앞다투어 진출하고 있다. 아프리카 바이오에너지 개발시장에 가장 적극적으로 진출하고 있는 국가는 유럽이다. 유럽국가들은 아프리카의 전력문제를 해결하는 것과 동시에 유럽연합(EU) 내부의 바이오연료 사용목표(전체 연료의 20%)를 충족시키기 위해 아프리카 바이오에너지 생산에 주목하고 있다. 아프리카 바이오에너지 생산에 참여할 경우, 청정개발체제

(CDM: Clean Development Mechanism)를 활용하여 이를 자국의 탄소감축실적으로 반영할 수 있다는 점도 유럽국가들의 아프리카 바이오에너지 진출을 촉진하는 주요 요인이다.

### ■ 글상자 5-1. CDM의 개요 및 동향 ■

CDM(Clean Development Mechanism, 청정개발체제)은 선진국이 개발도상국에 투자하여 감축한 온실가스의 일정량을 선진국의 감축실적으로 인정하는 제도를 말한다. 1999년 교토의정서는 온실가스 감축을 위해 공동이행제도, 배출권거래제도, CDM 등 세 가지 시장체제를 제시하였는데, 이 중 CDM은 비용대비 온실가스 감축효과가 좋다는 장점 때문에 주목받고 있다.<sup>59)</sup> 국제사회는 1999년 교토의정서에 의해 5년(2008~12년) 동안 연평균 온실가스 배출량을 1990년대비 5.2% 감축하기로 합의하였다. 특히 EU(-8%), 미국(-7%), 캐나다 및 일본(-6%) 등의 선진국에는 평균을 웃도는 높은 의무감축량이 책정되었다. 선진국들은 자국 내 산업정책만으로는 온실가스 감축비용이 크기 때문에 개발도상국의 녹색산업에 투자하고 탄소배출권을 획득하는 방식의 CDM을 많이 이용하고 있다. CDM 사업을 통한 경우 자국의 산업에 투자하여 온실가스를 감축하는 것보다 저렴한 비용으로 같은 양의 온실가스를 감축할 수 있기 때문이다. CDM은 선진국뿐만 아니라 개발도상국에도 도움이 되는데, CDM을 통해 선진 녹색기술 전수, 투자유치, 경제발전 등을 꾀할 수 있기 때문이다. 따라서 많은 개도국이 CDM 사업 유치를 위해 힘쓰고 있다. 개발도상국 중에서는 중국과 인도가 전 세계 CDM 사업을 주도하고 있는데, 현재 전체 등록된 CDM 사업의 37%는 중국에서, 23%는 인도에서 이루어지고 있다.

아프리카의 경우에는 아직까지 CDM 참여가 미흡한 실정이다. 2009년 5월 20일 기준, 아프리카에서 등록된 CDM 사업은 총 44건인데, 이는 전 세계 CDM 사업 수의 2%에 불과한 수준이다. 주로 남아공(17건), 모로코(5건), 이집트(5건), 나이지리아(3건) 등 아프리카 경제대국에 집중되어 있다. 분야별로는 아프리카가 수력발전 및 매립가스발전에 잠재력이 있는 만큼, 이 부문에 대한 CDM 사업이 주를 이루고 있다. 아직까지 아프리카 CDM 산업은 미미한 수준이지만 전망은 밝다. 세계은행(2008)에 따르면 아프리카는 약 3,200건 이상의 CDM 사업을 유치하여 연간 7억 4,000만 톤의 탄소배출권을 생산할 수 있는 잠재력을 가지고 있다.<sup>60)</sup> 또한 현재까지는 아프리카에 CDM 관련 제도들이 미비하여 CDM 사업 등록, 시행 등의 절차에 시간과 비용이 많이 소요되고 있지만, 아프리카 정부들이 CDM 관련 제도 정비 및 사업비용 감축 노력을 계속하고 있으므로 향후 CDM 사업이 활발하게 진행될 수 있을 것으로 예상된다.

59) 공동이행제도(Joint Implementation)는 선진국이 다른 선진국의 녹색사업에 투자하여 얻은 온실가스 감축분을 투자국의 감축실적으로 인정하는 제도이고, 배출권거래제도(Emission Trading)는 온실가스 감축분을 국제시장에서 거래하는 제도를 말한다(한바란·김민희 2010).

## ■ 글상자 5-2. 아프리카 CDM 동향 ■

최근 들어 아프리카에서도 CDM에 대한 관심이 높아지고 있다. 지난 2010년 3월 개최된 '제2차 아프리카 탄소포럼'에는 아프리카 각국 정상과 기업, 국제기구 등이 대거 참가하여 아프리카 CDM의 동향을 점검하고 향후 성장 가능성을 논의하였다. 이 포럼에서는 아프리카 역대 최대 CDM 프로젝트인 에티오피아의 2,700ha 산림화 프로젝트가 발표되었다.

이 프로젝트에는 세계은행, 에티오피아 환경부, 월드비전 등이 참여하여 약 33만 톤의 탄소배출권을 판매할 예정이다. 일부 아프리카 정부는 CDM 등록 및 시행을 원활하게 하기 위해 CDM 사업 승인기구(Designated National Authority) 설립을 추진 중이고, 선진국 및 투자기업을 대상으로 자국의 CDM 프로젝트를 적극적으로 홍보하는 등 CDM 사업 유치를 위해 정책적인 노력을 아끼지 않고 있다.

〈아프리카 국별 CDM 사업 현황〉

국가별	건	연간 감축량(ktCO <sub>2</sub> e)
남아공	17	2,959
이집트	5	1,966
모로코	5	287
나이지리아	3	4,155
케냐	2	307
튀니지	2	688
우간다	2	42
카메룬	1	130
코트디부아르	1	72
에티오피아	1	29
말리	1	188
모리타니아	1	188
세네갈	1	188
탄자니아	1	202
잠비아	1	130
합계	44	11,533

60) World Bank(2008), *Low Carbon Energy Projects for Development in Sub-Saharan Africa*



■ 글상자 5-2. 계속 ■

〈최근 아프리카 CDM 프로젝트 요약〉

프로젝트명	유치국가	프로젝트 유형	연간 감축량	탄소배출권 구매국	등록 날짜
OML 123 offshore Associated Gas Capture and Utilization	나이지리아	석유생산지 가스 배출 감축	2155	n.a.	2010. 01. 01
Reforestation in Kenya degraded lands	케냐	조림	49	n.a.	2010. 01. 15
Kinshasa Landfill gas recovery and flaring	콩고민주 공화국	가스 매립	115	스위스 (Vitol)	2010. 01. 22
Body coal and Clamp Kiln Fuel Switch at Allbrick	남아공	신재생에너지	8	n.a.	2010. 02. 06
Fuel Switch at Corobrik's Driefontein Brick Factory	남아공	화석에너지 전환	42	n.a.	2010. 02. 09
Buseruka Mini Hydro Power Plant	우간다	수력발전	33	덴마크 (기후환경부)	2010. 02. 19

자료: UNEP(2010), CDM update for Africa Carbon Forum.

자료: 한바란·김민희(2010), 「CDM 사업의 지역별 동향과 시사점」, 오늘의 세계경제 10-12호, 대외경제정책연구원; UNEP(2010), CDM update for Africa Carbon Forum 등 참고.

해외 바이오에너지 개발은 기업진출차원에서 이루어진다. 바이오연료를 전력으로 변환시키는 과정에서 필요한 발전기 및 생산기 등 여러 기계류와 기술의 동반진출도 가능하다. 유럽기업 가운데에서는 스웨덴, 영국, 독일 등 바이오에너지 생산기술을 보유한 국가들의 아프리카 진출이 두드러진다.

미국의 경우 바이오에너지 생산에 직접 참여하기보다는 생산기계 및 전력 변환기계 수출이 주를 이루고 있으며, 최근에는 비식용작물을 이용한 바이오에너지 생산과 2, 3세대 바이오에너지 생산에 관심을 보이고 있다.

중국의 아프리카 바이오에너지 산업 진출도 가시화되고 있다. 중국정부는 2007년 콩고민주공화국(DRC)에 대규모 차관공여계약을 체결한 바 있는데, 이 중 일부를 바이오에너지 산업에 투자하기로 하였다. 이외에도 중국기업들의 아프리카 바이오에너지 투자 진출이 점차적으로 늘어나고 있다.

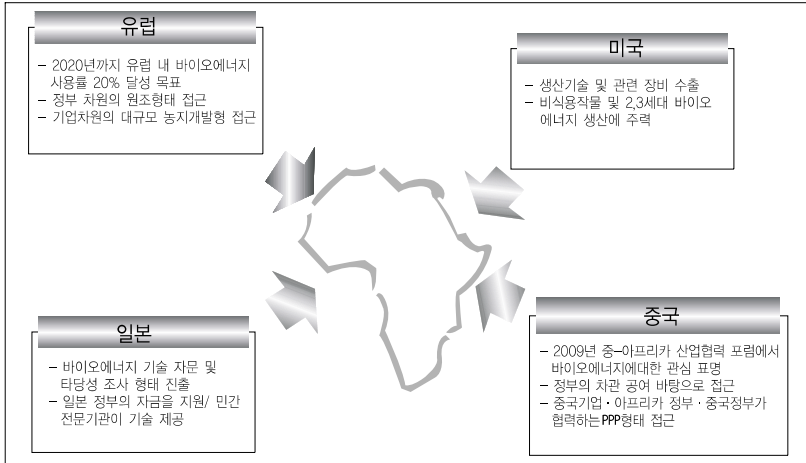
일부 언론에서는 외국기업들의 아프리카 바이오에너지 시장 진출과 관련 하여 ‘신식민주의’ 운운하며 부정적인 견해를 피력하기도 한다. 외국기업들의 바이오에너지 산업 진출이 무분별한 토지 매입으로 이어지고 있으며, 이는 환경오염문제와 식량경작지부족문제를 초래하고 있다는 것이 핵심적인 주장이다. 특히 아프리카의 주요 식량인 옥수수과 카사바 등을 바이오에탄올 생산에 이용하면서 식량난을 더욱 부채질하고 있다며 비판의 강도를 높이고 있다.<sup>61)</sup> 뿐만 아니라 일부 아프리카 국가에서는 외국기업이 바이오에너지 경작지를 매입하는 과정에서 농민을 강제로 이주시키는 문제가 발생하기도 한다며 밝히고 있다.

이러한 비판에도 불구하고 세계 주요국들은 아프리카 바이오에너지 산업 진출을 늦추지 않고 있다. 다만 식량작물과의 상충문제를 피하기 위해 대학 및 기업연구소 등과 함께 바이오매스(지푸라기 등)를 이용한 2세대 바이오에너지 개발에 주력하고 있다. 현재까지 아프리카 바이오에너지 생산은 주로 사탕수수, 옥수수, 유채씨 등을 이용한 1세대 바이오에너지 개발에 국한되었으나, 최근 들어 선진기업들의 2세대 바이오에너지 개발 진출이 늘어나고 있어 앞으로는 2세대 바이오에너지의 개발도 탄력받을 것으로 예상되고 있다.

---

61) 『조선일보』(2008. 9. 6), 보도자료.

## 그림 5-1. 주요국의 아프리카 바이오에너지 진출동향 및 특징



자료: 각종 자료를 토대로 저자 작성.

## 2. 주요 국가별 아프리카 바이오에너지 시장 진출동향 및 특징

### 가. 유럽

유럽의 아프리카 바이오에너지 산업에 대한 관심은 유럽연합(EU)의 바이오연료 지원정책에 기인한다. 유럽은 1992년에 ‘바이오에너지 사용 확대 정책’을 발표하고 석유를 대체할 수 있는 바이오연료 개발에 집중해왔다. 특히 2000년대 초반 이후 국제유가가 고공행진을 지속하고 있고, 향후에도 고유가가 지속될 것으로 전망됨에 따라 유럽국가들은 바이오에너지 개발에 더욱 박차를 가하고 있다. 유럽위원회는 2001년 바이오에너지 생산 및 사용 목표를 발표하였는데, 2020년까지 전체 에너지 사용의 20%를 바이오연료로 대체한다는 것이다. 2003년 발표된 ‘유럽연합 바이오에너지 가이드라인’에서는 유럽연합 회원국들이 전체 연료 사용량의 최소 5.75%를 바이오연료로 대체

할 것을 의무화하고 있다. 유럽연합과 각국 정부의 바이오에너지 사용 정책에 따라 각국 정부와 기업의 바이오에너지 기술개발에 대한 투지도 증가하고 있다.<sup>62)</sup>

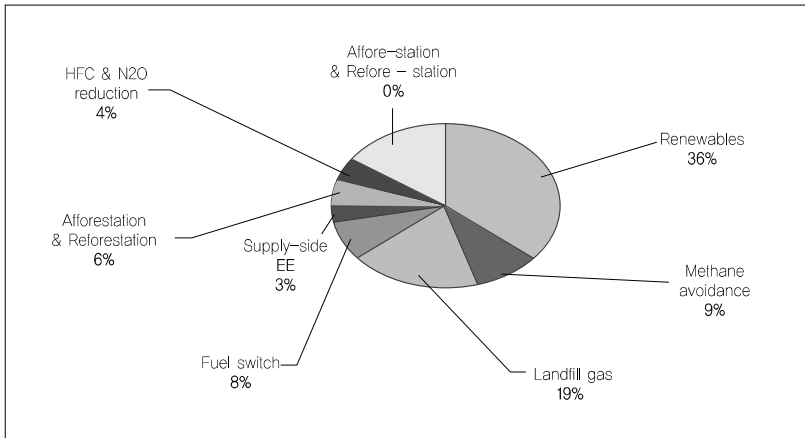
그러나 유럽연합의 바이오에너지 육성정책, 기술투자에도 불구하고 유럽 내 바이오에너지 생산은 늘어나는 수요를 따라잡지 못하고 있는 것이 현실이다. 유럽에 바이오에너지 원료작물을 경작할 경작지가 턱없이 부족한 것이 주요 원인이다. 이미 유럽 대부분의 경지는 식용작물과 현금작물 경작지로 사용되고 있어 추가적으로 바이오에너지 원료를 경작할 수 있는 여분의 경지가 많지 않다. 이에 유럽국가들은 아프리카의 방대한 토지에 바이오에너지 작물을 경작할 계획으로 아프리카 바이오에너지 개발에 뛰어들게 된 것이다. 뿐만 아니라 유럽국가들은 아프리카 바이오에너지 개발을 청정개발체제(CDM)와 연결시키고 이를 통해 탄소배출권을 거래한다는 목적을 가지고 있다.<sup>63)</sup> 청정개발체제란 앞에서 언급한 바와 같이 교토의정서에 의거하여 수립된 일종의 탄소배출권거래제도로 선진국이 개발도상국에 투자해서 얻은 온실가스 감축 관련 실적을 자국 실적에 반영하거나 판매하는 제도이다.

이에 따라 유럽 국가들은 아프리카 바이오에너지 생산사업에 참여할 경우 그 실적을 자국의 온실가스 감축분에 반영할 수 있기 때문에 아프리카 바이오에너지 산업에 큰 관심을 보이고 있다. 실제로 아프리카에서 현재까지 진행된 122건의 CDM 사업 중 36%가 바이오에너지와 같은 신재생에너지 관련 프로젝트이다. 아직까지 아프리카가 전 세계 CDM 프로젝트에서 차지하는 비중(약 2.5%)은 미미하지만, 향후 바이오에너지 관련 사업들이 CDM 사업으로 대거 등록된다면 아프리카 바이오에너지 시장이 또 하나의 블루오션으로 떠오를 가능성이 있다.

62) 유럽연합 홈페이지 참고.

63) GTZ(2005), *Liquid Biofuel for Transportation in Tanzania*.

그림 5-2. 아프리카의 CDM 프로젝트 구성



자료: www.cd4cdm.org.

유럽국가들은 아프리카 바이오에너지 생산을 통해 자국 내 바이오에너지 공급확대와 탄소배출권 확보라는 목적 이외에도 개발협력차원에서 아프리카의 전력난 해소를 지원해줄 수 있을 것으로 판단하고 있다. 전술한 바와 같이 아프리카의 전력사정은 농촌지역에서 더욱 열악한데 인프라 및 투자 부족으로 대다수의 농민이 전기를 공급받지 못하고 있다. 아프리카의 현실을 감안할 때 전기보급은 매우 요원하다고 볼 수 있는데, 이를 대체할 수 있는 수단 가운데 하나가 바로 바이오에너지 개발이다. 즉 농촌에서 자체적으로 바이오에너지를 개발, 생산하여 이를 생활전력으로 이용할 경우 농민들의 전력부족문제를 어느 정도 해결할 수 있다는 것이다. 이런 점에서 볼 때 진출 기업은 탄소배출권을 획득할 수 있고, 아프리카 국가들은 심각한 전력난을 해소할 수 있어 상호 윈-윈(Win-Win)의 협력모델 창출이 가능하다고 할 수 있다.

지난 2008년에는 ‘유럽·아프리카 에너지 파트너십(EU-Africa Energy Partnership)’이 공식 발표되었는데, 여기에는 바이오에너지를 비롯한 아프리

카 신재생에너지산업에 유럽이 적극 지원한다는 내용이 포함되어 있다.<sup>64)</sup> 이를 위해 유럽국가들은 유럽개발펀드(EDF: European Development Fund), 유럽개발은행, 그리고 각종 기업투자 등을 통해 아프리카 신재생에너지산업에 6억 유로 이상을 지원할 계획이다. 이 계획에는 바이오에너지 이외에도 태양광, 수력, 풍력, 폐처리 등 다양한 재생에너지원에 대한 지원이 포함되어 있다.

▣ 표 5-1. 유럽·아프리카 에너지 파트너십의 주요 내용 ▣

명칭	EU·Africa Energy Partnership
체결일	2008년 10월 1일
체결당사자	유럽연합(EU), 아프리카연합(AU)
주요 내용	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 총 77개 에너지 관련 프로젝트에 2억 2,000만 유로 지원, 9차 유럽개발펀드(European Development Fund)에서 자금 지원</li> <li>• 프로젝트 구성: 신재생에너지(바이오에너지 포함) 49개, 에너지효율성 관련 1개, LPG 1개, 거버넌스 관련 11개, 전력매전 관련 15개)</li> <li>- 4개 지역 전력망 설립에 총 1,000만 유로 지원</li> <li>- 인프라 건설에 약 4억 유로(유럽개발펀드: 1억 4,000만 유로, 유럽투자은행 2억 5,000만 유로)</li> <li>• 이자율 보조, 보험료 무상지원, 기술지원, 타당성 조사 등</li> </ul>
추후 계획	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 10차 유럽개발펀드로부터 9,000만 유로 지원</li> <li>- ACP·EC 에너지기구조로부터 2억 유로 지원</li> <li>- Africa·EU 인프라 파트너십으로부터 3억 유로 지원</li> </ul>

자료: <http://www.euractive.com>.

유럽국가들의 아프리카 바이오연료 진출은 정부의 개발협력형태 진출과 기업차원의 투자형태 진출로 크게 나눌 수 있다. 정부차원의 진출을 먼저 살펴보면, 유럽국가들은 경제개발을 위한 원조기금을 아프리카 바이오에너지

64) Council of the European Union(2007), "Energy Cooperation between Africa and Europe," Conclusion of the council and representative of the government of the member states meeting within the Council.

생산활동에 지원하고 있다. 영국의 환경·식량·농촌부(Department of Environment, Food and Rural Affairs)는 남아프리카지역의 바이오에너지 개발·생산을 위해 영국·브라질·남아프리카 간의 연합 테스크포스(T/F)팀을 구성하고 남아공, 말라위, 모잠비크 등지의 바이오에너지 개발사업에 무상원조를 제공해주고 있다. 영국정부가 주로 재원을 조달하고 바이오에너지 생산경험과 기술이 풍부한 브라질은 기술적으로 지원하는 형태로 운영되고 있다. 또한 남아공, 말라위, 모잠비크 등을 대상으로 바이오에너지 산업 육성전략 및 제도 수립 등도 적극 지원해주고 있다.

아프리카 바이오에너지 개발에 가장 적극적인 국가는 영국으로 이를 통해 전력난 해소는 물론 환경오염도 크게 줄일 수 있을 것으로 기대하고 있다.<sup>65)</sup> 독일과 덴마크도 아프리카 바이오에너지 개발에 적극 나서고 있다. 독일 경제개발협력부(Ministry for Economic Co-operation and Development)와 덴마크 외교부(Ministry for Foreign Affairs)는 남아프리카개발협력체(SADC: Southern African Development Community)에 대해 에너지 보장 프로그램의 일환으로 바이오에너지 생산을 지원해주고 있다. 그 내용을 보면 현재 농촌의 소작농 및 중소기업들에 대한 지원을 통해 바이오에너지를 소규모로 생산하고 있으며, 장기적으로는 유럽기준에 부합하는 품질 높은 바이오에너지를 생산하여 유럽시장에 수출하는 것이 이 프로젝트의 최종 목표이다. 독일의 원조기관인 독일기술협력공사(GTZ)는 탄자니아의 바이오에너지 육성정책을 적극 지원하고 있다. 기술협력공사는 지난 25년간 남아시아 등지에서 바이오에너지 생산경험을 바탕으로 탄자니아 바이오에너지 산업기반 건설을 측면에서 지원해주고 있다. 주요 역할 가운데 하나는 바이오에너지 산업 분석 및 전망에 관한 보고서를 발간하고, 아울러 탄자니아 정부의 바이오에너지 정책을 수립하는 데 자문역할을 담당하기도 한다. 탄자니아는 독일

---

65) DFID 홈페이지([www.dfid.gov.uk](http://www.dfid.gov.uk)).

의 기술 및 정책 자문을 받아 2006년 ‘바이오연료 T/F’를 설립하였고 이를 통해 바이오연료 생산 가이드라인, 규제 및 법률 제정을 추진하고 있다.

개발협력차원에서뿐만 아니라 상업적 차원에서 유럽기업들의 아프리카 바이오에너지 산업 진출도 빠르게 늘어나고 있다. 유럽기업들은 2005년부터 본격적으로 아프리카 바이오에너지 사업에 진출하기 시작하였는데, 초기에는 주로 자트로파와 팜유, 사탕수수 등을 이용한 바이오에너지 생산에 주력하였다. 가장 대표적인 기업은 영국계 D1Oils사로 현재 탄자니아의 10만ha 규모 농지에서 자트로파와 팜유를 경작하고 있다. 독일기업으로는 Prokon사가 대표적인데 역시 탄자니아 서남부지역에서 자트로파 경작으로 시작하였다. 이 밖에도 영국계 CAMS 그룹, Sunbiofuel사 등이 탄자니아에서 대규모로 자트로파와 팜유를 경작하고 있다.

최근에는 바이오에너지를 직접 생산하는 기업 이외에도 바이오에너지를 이용한 자동차회사들의 아프리카 진출도 늘어나고 있다. 한국자동차 KIA를 네덜란드에 수출하는 판매법인인 KIA Netherland는 최근 네덜란드 정부와 함께 말리 바이오디젤 육성사업에 참여한다는 계획을 발표하였다. 이 사업은 말리에서 자트로파를 대량으로 생산하여 자동차연료와 생활전력으로 사용한다는 것을 골자로 하고 있다. 이 사업이 성공할 경우 소규모로 이루어지고 있는 말리의 바이오디젤 생산이 대규모 생산체제로 전환되어 농촌지역의 소득과 전기보급이 늘어날 것으로 예상되고 있다.<sup>66)</sup>

현재 유럽기업들은 아프리카에서 1세대 바이오에너지 생산에 집중하고 있다. 그러나 장기적으로는 볏짚, 폐목재 등 목질계 원료와 해양 바이오매스를 이용한 2세대 바이오에너지 생산에도 주력할 계획이다. 이는 1세대 바이오에너지가 옥수수, 유채, 콩 등의 곡물로부터 생산되고 있어 식량가격 폭등 등의 문제를 야기하고 있고, 장기적으로 1세대 바이오에너지 생산만으로는 수

---

66) Media Global(2010, 2, 18) 보도자료.



요를 충족시킬 수 없다는 판단에 따른 것이다.

▮ 표 5-2. 주요 유럽기업들의 아프리카 바이오에너지 진출 현황 ▮

투자 국가 및 기업	진출국가	경작지 면적(작물)
독일(Flora EcoPower)	에티오피아	1만 3,000ha
독일(Prokon)	탄자니아	49만ha
영국(Sun Biofuels)	에티오피아	n.a.(자트로파)
영국(Sun Biofuels)	모잠비크	10만ha
영국(Sun Biofuels)	탄자니아	5,500ha(자트로파)
영국(CAMS Group)	탄자니아	4만 5,000ha(단수수)
스웨덴(Sekab)	모잠비크	
스웨덴(Sekab)	탄자니아	9,000ha(설탕)
스웨덴(Sekab)	탄자니아	2만 2,000ha
노르웨이(Biofuel Africa)	가 나	3만 8,000ha
네덜란드(KIA Netherland)	말 리	1,000ha(자트로파)

자료: Joachim von Braun and Ruth Menzen Dick(2009), Land Grabbing by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities. IFPRI, Washington.

## 나. 미국

세계 최고의 바이오에너지 생산기술을 보유한 미국도 아프리카 바이오에너지 산업에 적극 진출하고 있다. 물론 아직까지 미국회사들은 유럽회사들에 비해 아프리카 바이오에너지 산업 진출이 활발하지는 않다. 미국계 회사들은 바이오에너지를 직접 생산하기보다는 바이오에너지 생산기술 및 생산장비를 아프리카 현지의 바이오에너지 생산업체에 수출하는 방식으로 많이 진출하고 있다. 지난 2009년 4월에는 미국계 기업인 Veridium Corporation사가 아프리카 에탄올 생산업체에 옥수수기를 추출시설을 수출하였다. 옥수수기를 추출시설은 에탄올 부산물인 옥수수 주정박(distillers dried grain)에서 옥수수

기름을 추출해내는 기계를 말하는데, 식용 옥수수가 아닌 기축사료용 옥수수 주정박에서 기름을 추출해내기 때문에 식량작물과의 상충을 피해갈 수 있다는 점에서 새로운 에탄올 생산기술로 각광받고 있다. 최근에는 비식용작물을 이용하여 바이오연료를 생산하는 사업에 미국기업들의 진출이 이어지고 있다. 지난 2005년 이후 미국에서 바이오에너지 생산이 급격히 늘면서 바이오에너지 원료로 사용된 옥수수, 콩류 등 식용작물의 가격이 크게 상승하였는데, 이에 따라 미국에 대해 강한 비판이 대두되었다. 이를 계기로 최근 미국 기업들은 비식용작물을 이용한 바이오에너지 개발에 그 어느 때보다도 많은 관심을 보이고 있다. 미국 정부와 기업들은 자트로파 등 비식용작물을 이용한 바이오에너지 생산과 목초를 이용한 제2, 3세대 바이오에너지 생산에 주력하고 있다.

미국정부의 이러한 노력은 아프리카 진출에서도 잘 나타나고 있다. 미국계 바이오에너지 생산기업인 Africa Biofuel사는 탄자니아에서 자트로파, 건초 등 비식용작물을 이용하여 바이오연료를 생산하는 프로젝트에 착수하였다. 이 회사는 비식용작물을 바이오연료로 전환하여 탄자니아 현지에서 전력으로 사용하는 것을 목표로 하고 있다.<sup>67)</sup> 또 다른 미국계 기업인 Eco Fuel Globa사는 영국계 회사인 Eco Positive와 함께 르완다에 2억 5,000만 달러 규모의 바이오연료 생산사업에 착수하였다. 이 사업은 약 1만ha의 경지에 자트로파를 재배하여 2013년까지 연간 2,000만 리터의 바이오연료를 생산하는 것을 목표로 하고 있다. Eco Fuel Global사는 이 바이오연료 생산사업을 통해 르완다의 에너지 수입량을 30% 정도 줄일 수 있을 것으로 전망하고 있다.<sup>68)</sup>

67) 『마켓플레이스』(2009. 3. 18) 보도자료([http://marketplace.publicradio.org/display/web/2009/03/18/pm\\_africa\\_biofuels](http://marketplace.publicradio.org/display/web/2009/03/18/pm_africa_biofuels)).

68) <http://www.ecofuelglobal.net>.

## 다. 중국

세계 최대 석유수입국으로 부상하고 있는 중국 역시 아프리카 바이오에너지에 많은 관심을 보이고 있다. 특히 중국의 자동차 사용률이 최근 급격히 증가하면서 자동차연료를 대체할 수 있는 바이오디젤 생산에 관심이 집중되고 있다. 여기에 최근 중국의 탄소배출 증가에 대한 전 세계의 우려와 질타가 계속되자, 자국의 탄소배출량을 낮추기 위한 노력의 일환으로 중국정부는 바이오에너지 생산에 박차를 가하고 있다. 2009년 개최된 ‘중·아프리카 산업협력 포럼’에서는 아프리카에 바이오가스, 수력 발전소, 태양열 발전소 등 청정에너지 발전소 구축 프로젝트를 추진할 계획이라고 발표하는 등 아프리카 신재생에너지 개발에 큰 관심을 보이고 있다.

중국의 아프리카 바이오에너지 진출은 정부의 적극적인 지원을 배경으로 이루어지고 있다는 특징을 보이고 있다. 2007년 중국기업 ZTE International 사는 콩고민주공화국(DRC)에 10억 달러를 투자하여 300만ha 규모의 팜유 농장을 건설하였다. 곧이어 중국정부는 콩고민주공화국과 50억 달러 규모의 차관공여계약을 체결하고 이 중 일부를 바이오에너지 산업분야에 투자한다는 계획을 발표하였다. 중국정부는 이 차관공여를 통해 콩고민주공화국의 인프라, 바이오에너지, 광물자원 등 여러 시장에 동반진출한다는 계획을 밝히기도 하였다.<sup>69)</sup>

최근에는 중국의 바이오에너지 기술회사인 FL Engineering사가 나이지리아에 바이오에너지 정제공장을 설립한다는 계획을 발표하였다. 이 프로젝트는 나이지리아 정부가 경제부흥 및 녹색성장의 일환으로 추진하는 바이오에너지 육성프로젝트 중 하나인데, 중국기업이 기술적 자문을 담당하고 나이지리아 정부와 민·관협력방식(PPP)으로 진출할 계획이다.<sup>70)</sup>

69) *All Africa* 보도자료.

표 5-3. 주요 중국기업의 아프리카 바이오에너지 진출 현황

중국	진출국가	주요 내용
ZTE International	콩고민주공화국	바이오 작물 토지 확보(280만ha)
FL Engineering	나이지리아	바이오에너지 정유공장 설립
중국정부(제안 중)	잠비아	200만ha 경지에 자트로파 경작

자료: Joachim von Braun and Ruth Menzen Dick(2009), Land Grabbing by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities, IFPRI, Washington.

## 라. 일본

일본은 주로 아프리카에 바이오에너지 기술자문 및 타당성조사 형태로 진출을 시작하고 있다. 일본의 아프리카 바이오에너지 산업 진출은 일본정부와 일본의 바이오에너지 전문기관이 동반진출하는 민·관협력방식(PPP)으로 이루어지고 있다는 특징이 있다. 일본정부가 자금을 지원하고 민간의 바이오에너지 전문기관이 기술력과 전문성을 제공하는 방식으로 아프리카 시장에 진출하고 있는 것이다.

2007년 일본 국제협력은행(Japan Bank for International Cooperation)은 민간 개발컨설팅회사인 일본개발연구소(Japan Development Institute)와 함께 이집트의 자트로파 농장 타당성 조사를 실시하였다. 일본개발연구소는 개발 관련 컨설팅사업을 하고 있는 민간연구소로 산하에 일본바이오에너지회사(Japan Bio Energy Development Corporation)를 설립하여 바이오에너지 타당성조사, 시장조사, 기술개발지원 업무 등을 담당하고 있다.

일본 바이오에너지 회사는 이집트 이외에도 2007년 탄자니아에서 바이오

70) *Daily Independent*(나이지리아 일간지, 2010. 3. 2), 보도자료.

에너지 타당성조사 및 기술협력사업을 실시한 바 있다. 또한 탄자니아 현지 NGO 및 소규모 농장들과 협력하여 자트로파 농장을 건립하는 사업도 추진 중에 있다.<sup>71)</sup>

일본은 전문성을 갖춘 민간부문과의 동반진출을 통해 아프리카 시장 진출에서 가장 큰 문제인 민간기업의 자금부족문제와 정부기관의 전문성 부족문제를 동시에 해결하고 있다.

---

71) 일본개발연구소 홈페이지(<http://www.jditokyo.com>).

# 제6장

---

## 맺음말

선·후진국을 막론하고 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 에너지원 개발이 주요 과제로 추진되고 있다. 국제유가가 2000년대 초반 이후 높은 수준을 유지해오고 있고, 앞으로도 하락보다는 상승기조가 지속될 가능성이 더 클 것으로 전망됨에 따라 대체에너지 개발이 더욱 탄력을 받고 있다. 여기에 환경문제가 국내 및 글로벌 이슈로 부각되면서 친환경에너지로서 대체에너지 개발이 각광받고 있다.

대체에너지에는 여러 종류가 있을 수 있는데, 바이오에너지가 태양광, 풍력 등과 함께 석유를 대신할 수 있는 주요 에너지로 주목받고 있다. 바이오에너지는 아프리카, 특히 사하라이남아프리카지역에서 차세대 에너지원으로 그 중요성이 강조되고 있다.

아프리카에서 바이오에너지 개발의 가장 큰 의의는 심각한 전력난 해소에 있다. 아프리카는 세계에서 가장 어두운 대륙으로 인구의 절반 이상이 전기를 사용하지 못하는 절대적인 에너지빈곤상태에 빠져 있다. 아프리카의 전력 부족문제는 단순히 산업적인 영역을 뛰어넘어 보건, 교육 등 사회 전 분야에 걸쳐 빈곤을 더욱 악화시키고 있다. 발전소 건설 등 전력공급 확충을 위한

노력이 시도되고 있으나 그 효과가 미미하여 단기간 내에 전력문제가 해결 될 가능성이 높지 않다. 바이오에너지를 개발하여 이를 이용하게 되면 기존 전력에 대한 의존도를 줄일 수 있어 에너지원의 다변화가 가능하다.

바이오에너지는 특히 인구의 70% 이상이 살고 있는 농촌지역의 1차 에너지원으로서 전력문제를 해결할 수 있는 효과적인 대안이라고 할 수 있다. 인구밀도가 낮고 제반인프라가 극히 열악한 아프리카의 농촌 현실을 감안할 때 농촌지역으로까지의 송배전망을 구축한다는 것은 비현실적이므로 해당 지역에서 에너지를 생산하고 사용하는 바이오에너지 개발이 각광받고 있다.

아프리카 바이오에너지 개발의 또 다른 의의는 환경과 보건적인 측면에서 찾을 수 있다. 전력사정이 극히 열악하여 5.5억 명의 아프리카 인구가 나무 등과 같은 재래 에너지원에 의존하며 살아가고 있는데, 이에 따라 산림파괴가 예상보다 광범위하게 진행되고 있는 것으로 나타나고 있다. 아프리카의 산유국들조차 원시적인 바이오매스 자원에 과다하게 의존하고 있다. 산림파괴와 이에 따른 환경문제는 채취경제에 의존하고 있는 아프리카에 더욱 많은 피해를 야기시키고 있다. 또한 과다한 바이오매스 이용에 따른 실내공기 오염으로 많은 여성과 아동이 호흡기질환으로 고통받고 있다.

바이오에너지 개발은 고유가에 따른 에너지원의 다변화와 환경보호 외에도 농촌지역의 소득증대를 창출할 수 있는 수단으로 기능할 수 있다. 바이오에너지는 아무래도 농촌지역의 토착에너지원(indigenous energy sources)을 활용하는 것인 만큼 생산, 가공처리, 수송, 교역 등의 과정을 통해 직·간접적으로 농촌지역의 소득증대, 일자리창출과 연결될 수 있다. 브라질은 바이오에탄올과 바이오디젤 등 바이오에너지의 대량 생산과 소비를 통해 화석연료에 대한 의존도를 낮추어나가고 있을 뿐만 아니라 고용창출과 농가소득 향상 등의 성과를 얻고 있다.

아프리카는 광범위한 유향 농경지와 풍부한 노동력을 가지고 있어 다른 어느 지역보다 바이오에너지 개발 잠재력이 높은 것으로 평가되고 있다.

OECD 보고서에 따르면 2050년 아프리카가 전 세계 바이오에너지 작물 재배면적의 40% 이상 차지할 것으로 전망되고 있다.

물론 아프리카의 바이오에너지 산업발전에는 적지 않은 장애요인과 과제가 남아 있다. 남아공을 비롯하여 탄자니아, 모잠비크 등의 아프리카 국가들은 다른 어느 개도국에 비해 일찍이 바이오에너지 산업에 관심을 보여오고 있지만, 나머지 많은 국가의 경우에는 정부차원의 전략적이고 중장기적인 계획을 찾아보기 어렵다. 브라질이 바이오에너지 개발의 선두주자를 유지하고 있는 배경에는 기술 및 경험 축적, 상용화의 성공 및 넓은 소비시장도 있지만, 이에 앞서 체계적이고 중장기적인 바이오에너지 산업 육성정책이 자리하고 있다.

열악한 인프라도 커다란 걸림돌이다. 아프리카의 열악한 도로사정으로 인해 지역 간 이동이 용이하지 않고 이에 따라 운송비용이 매우 비싸다. 더욱이 바이오에너지의 수출은 더욱 어렵다. 높은 수송비용 때문에 바이오에너지 생산업체들은 수지타산을 맞추기 어렵다. 열악한 인프라 사정은 다른 개도국에서도 나타나는 일반적인 현상이지만 아프리카의 경우에는 그 정도가 매우 심각한 수준이다. 예컨대 일본에서 코티디부아르까지 자동차 한 대를 배로 운송하는 비용은 1,500달러인 반면에, 이를 코티디부아르에서 에티오피아까지 운송하는 비용은 무려 5,000달러를 넘고 있다고 한다.<sup>72)</sup> 또한 아자유를 싣고 인도네시아에서 케냐 몸바사 항구까지 가는 수송비는 톤당 40달러라고 한다. 그러나 몸바사에서 육로를 통해 우간다 수도 캄팔라까지는 톤당 100달러가 넘게 든다고 한다.<sup>73)</sup> 거리로 보면 1/6에 불과하지만 비용은 2배 이상 소요되는 것이다. 그리고 어떤 내륙국가에서는 수출상품을 연안지역으로까지 실어나르는 데 수반되는 운송비용이 수출가격의 무려 3/4에 해당할 정

72) Commission for Africa(2005, 3), *Our Common Interest: Report of the Commission for Africa*.

73) 『매일경제신문』(2004, 11. 9).



도이다. 그리고 내륙지역에서 어렵게 항구까지 상품을 운송한다고 해도 이를 선적할 항구 또한 크게 부족한 것이 현실이다. 이는 극히 열악한 아프리카 역내 인프라의 현주소를 잘 보여주는 것으로, 아프리카 수출상품의 가격경쟁력이 그만큼 취약할 수밖에 없음을 의미하는 것이다.

우리나라는 높은 농지비용과 인건비 등으로 인해 바이오에너지 원료작물을 해외에서 저렴하게 확보하는 것이 중요한데, 아프리카 진출에는 이와 같은 현지사정과 물류상의 난점이 충분히 고려되어야 한다.

개발협력(ODA) 측면에서 바이오에너지 개발이 비중 있게 다루어질 필요가 있는데 관련 산업의 동반진출협력을 고려해볼 수 있다. 예컨대 IT 협력 진출(특히 농촌지역)에 있어 현실적으로 부딪치는 문제 중 하나는 통신기지국 설치, 운영, 충전 등을 위한 전력시설이 크게 부족하다는 점인데, 이때 바이오에너지 개발협력을 통해 이를 보완할 수 있다. GSMA(GSM Association), MTN, 에릭슨 등 외국 통신기업들은 무선통신 기지국을 위한 전력을 조달하기 위해 바이오연료를 이용하고 있는데, 기지국 현지에서 생산 중인 팜유, 자트로파 등 바이오연료를 활용해 전력을 공급하고 있다.

아프리카 바이오에너지 개발은 농업부문에 미칠 영향, 특히 식량 문제를 고려해 신중하게 이루어져야 한다. 바이오에너지 개발은 식량문제와 상충관계에 있으므로 식용작물 재배에 영향을 미치지 않은 범위 내에서 이루어져야 한다. 사탕수수, 곡물 등과 같은 식용작물(1세대 바이오에너지 원료)을 이용한 바이오에너지 생산은 식량안보와 관련되는 문제로 광범위한 사용에는 한계가 있을 수밖에 없을 것이다. 이에 따라 최근에는 비식용 바이오매스(2세대 바이오에너지 원료)를 이용한 바이오에너지 개발의 필요성이 부각되고 있다. 이 중에서 특히 주목할 만한 바이오 작물이 바로 자트로파(Jatropha)이다. 자트로파는 열대 야생지역에서 흔히 발견되는 비식용작물로 황무지에서 잘 자라며 바이오디젤 원료로서의 매력이크다. 자트로파는 아프리카의 자연여건상 대량생산이 가능하고 오일함량이 많은 관계로 차세대 바이오에너

지원으로 각광받고 있다. 더욱이 간단한 기계로 농가에서 직접 오일을 짜낼 수 있는 이점도 가지고 있어 향후 아프리카에서 생산 붐이 기대되고 있다.

한편 바이오에너지 개발은 농경지 감소로 이어질 수 있다는 우려가 제기될 수 있으나, 아프리카의 광활한 유휴 토지를 감안한다면 이 같은 우려는 불식될 수 있을 것이다.

## 참고문헌

### ●● 국문자료

- 강창용 외. 2006. 11. 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략」.  
한국농촌경제연구원.
- 미래기획위원회. 2009. 『녹색성장의 길』. 중앙 Book.
- 배정환. 2008. 2 『에너지포커스. 바이오연료 시장 확대가 농산물 가격에 미치는 영향』.  
에너지경제연구원.
- 『조선일보』. 2008. 9. 6. 보도자료.
- 유춘식. 2009. 『그린에너지의 이해와 태양광발전시스템』. 연경문화사.
- 이유진 외. 2007. 『바이어에너지 희망을 찾아서: 현황과 전망』. 한국지속가능발전센터.
- 잭 M. 홀랜드. 2004. 「환경위기의 진실(The real Environmental Crisis)」. 에코리브르.
- 한국수출입은행. 2008. 12. 「아프리카 전력현황 및 향후 전망」. 해외지역정보.
- 한바란·김민희. 2010. 「CDM 사업의 지역별 동향과 시사점」. 오늘의 세계경제 10-12  
호. 대외경제정책연구원.

### ●● 영문자료

- Amigun, B. 2009. "Evaluation of Biofuels Sustainability: Can We Keep Biofuel  
Appropriate and Green?" Biofuel International Conference, Ouagadougou,  
Burkina Faso, 10-12 November, pp. 1-34.
- Amigun *et al.* 2008. "Commercialization of Biofuel Industry in Africa: A Review."  
*Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 12, Issue 3, pp. 690-711.  
(April)

- Bacon, Robert & Adid Mattar. 2005. *The Vulnerability of African Countries to Oil Price Shocks: Major Factors and Policy Options: The Case of Oil Importing Countries*. Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP). Washington, DC.: World Bank.
- Commission for Africa. 2005. 3. *Our Common Interest: Report of the Commission for Africa*.
- Council of the European Union. 2007. “Energy Cooperation between Africa and Europe.” Conclusion of the Council and Representative of the Government of the Member States Meeting Within the Council.
- Doornbosch and Steenblik. 2007. “Biofuels: Is the Cure Worse than the Disease?” OECD.
- EIU. 2009. *Country Profile: Nigeria*.
- FAO. 2009a. *Small-Scale Bioenergy Initiatives*.
- \_\_\_\_\_. 2009b. *The State of Food and Agriculture*.
- GTZ. 2005. *Liquid Biofuels for Transportation in Tanzania*.
- IEA. 2006. *World Energy Outlook*.
- \_\_\_\_\_. 2009. Policy and Measure Database.
- Innocent Azih. 2008. “Biofuel Demand: Opportunities for Rural Development in Africa(Nigerian Case Study).”
- International Fund for Agricultural Development. 2008. “High-Level Consultation on Pro-Poor Jatropha Development.” Rome. (April 10-11)
- Janssen, Rainder *et al.* 2008. *Bioenergy for Sustainable Development in Africa. WIP Renewable Energies*.
- Joachim Von Braun and Ruth Menzen Dick(2009), Land Grabbing by Foreign Investors in Developing Countries: Risks and Opportunities. IFPRI, Washington.
- Jumbe *et al.* 2009. “Biofuel Development in Sub-Saharan Africa: Are the Policies

- Conductive?” *Energy Policy*, 37, pp. 4980-4986.
- Karekezi, Stephe. 2008. *Scaling up Bio-energy in Africa*. International Conference on Renewable Energy in Africa. United Nations Industrial Development Organization.
- Mangoyana, R. B. 2008. “Bioenergy for sustainable Development: An African Context.” *Physics and Chemistry of the Earth*, 34, pp. 59-64.
- Mersie, Ejigu. 2008. “Toward energy and Livelihood Security in Africa: Smallholder Production and Processing of Bioenergy as a Strategy.” *Natural Resource Forum*, 32, pp. 152-162.
- Meyer, Ferdi *et al.* 2009. “Biofuel Development in the SADC Region.” Bureau for Good and Agricultural Policy.
- NNPC. 2007. *Draft Nigerian Bio-fuel Policy and Incentives*. REN21(2009), Renewable Global Status Report 2009.
- Robert Bacon and Adib Mattar. 2005. “The Vulnerability of African Countries to Oil Price Shocks: Majors and Policy Options: The Case of Oil Importing Countries.” Energy Sector Management Assistance Program.
- Smeets, Edward M.W. 2006. 11. *A Bottom-up Assessment and Review of Global-Energy Potentials to 2050*.
- South Africa Department of Minerals and Energy. 2006. *Industrial Biofuel Strategy of the South Africa*.
- UN Department of Economic and Social Affairs. 2007. *Small-Scale Production and Use of Liquid Biofuels in Sub-Saharan Africa: Perspective for Sustainable Development*.
- UN Foundation. 2008. *Sustainable Bioenergy Development in UEMOA Member Countries*.
- USDA Foreign Agricultural Service. 2009. *Biofuel Annual: South Africa*.

UNEP. 2010. *CDM update for Africa Carbon Forum*. Preparation for '2nd Africa Carbon Forum'. Nairobi, Kenya. (May)

World Bank. 2008. *Low Carbon Energy Projects for Development in Sub-Saharan Africa*.

\_\_\_\_\_. 2009a. *World Development Indicators*.

\_\_\_\_\_. 2009b. "Africa Energy Poverty," G8 Energy Ministers Meeting 2009.

\_\_\_\_\_. 2010. *Enterprise Survey*.

### ● ● 웹 사이트

All Africa 홈페이지([www.allafrica.com](http://www.allafrica.com))

Daily Independent([www.dailyindependent.com](http://www.dailyindependent.com))

DFID 홈페이지([www.dfid.gov.uk](http://www.dfid.gov.uk))

IEA(<http://www.ica.org>)

Media Global 홈페이지([www.mediaglobal.org](http://www.mediaglobal.org))

마켓플레이스 홈페이지([marketplace.publicradio.org](http://marketplace.publicradio.org))

매일경제신문 홈페이지([www.mk.co.kr](http://www.mk.co.kr))

신재생에너지센터([www.energy.or.kr](http://www.energy.or.kr))

유럽연합 홈페이지([ec.europa.eu](http://ec.europa.eu))

일본개발연구소 홈페이지([www.jditokyo.com](http://www.jditokyo.com))

에코fuel 글로벌 홈페이지([www.ecofuelglobal.net](http://www.ecofuelglobal.net))

## Potential and Perspectives of Bioenergy in Africa

Yeongho Park and Yoonsun Hur

---

Developing renewable energy which can replace the fossil fuel has become a major task for all countries. Efforts to find renewable energy are gaining momentum due to high price of crude oil, which has remained high from the early 2000s, and is expected to rise even higher. In addition, the environmental issue is becoming a truly global issue, meaning questions concerning development of green energy have now taken center stage.

The bioenergy is drawing attention as an alternative source of renewable energy source; there are also solar and wind power, which can replace crude oil. Solar power is especially important in Sub-Saharan Africa as the next-generation energy source.

The attention being paid to development of bioenergy is due to its potential to resolve the shortage of electricity in Africa. Africa suffers from a severe energy shortage - the 'darkest' continent where half the entire population of the continent does not have access to the electricity. The lack of electric power in Africa, in turn, worsens poverty because it hampers not only the operation of industry but also social welfare apparatuses in public

health and education. Although there were many attempts to expand the power supply by constructing new power plants, it is a problem without short-term solutions. But if the sources of energy are diversified, it would reduce Africa's reliance on fossil fuel.

Bioenergy also happens to be the most efficient form of renewable energy for Africa's rural areas, where the 70 percent of the continent's population live. As it would be impossible to build a power grid for rural areas, which has poor infrastructure and low population density, bioenergy that can generate power for use at the local level has come into the spotlight.

Another significance of bioenergy development is found with aspect to the environment and public health sector. The power situation in Africa is poor: 550million Africans depends on the traditional energy sources such as wood, leading to destruction of forests. Even oil-producing countries in Africa are heavily dependent on biomass energy. Such destruction of forests cause serious damage to African rural economies still dependent on gathering and collection. Many women and children suffer from respiratory disease caused by air pollution, the most serious consequence of overuse of biomass energy.

Other than diversification of energy and protection of the environment, bioenergy development can increase income in rural Africa. Bioenergy uses energy sources already existing in rural areas, and thus can create work through production, transportation, trade and processing. In Brazil, production and consumption of bioenergy in the form of bio-ethanol and bio-diesel; has reduced fossil fuel dependence, created jobs, and increased income.

Abundant farmland and labor force gives Africa great potential for developing bioenergy. By 2050, Africa will cultivate more than 40percent of bioenergy crops of the world according to the OECD report.

However, there are many obstacles to developing bioenergy in Africa. Though African countries including South Africa, Tanzania and Mozambique



give increasing attention to the bioenergy industry, it is hard to find strategic and long-term plans at the governmental level in most African countries. It should be noted that Brazil's success was backed up by strategic government policy for the bioenergy industry.

There is also the issue of poor infrastructure, which hinders economic growth in Africa. Case in point, poor road conditions disrupts travel, as well as increasing the logistics costs. This makes exports of bioenergy difficult, not to mention making bioenergy less than profitable. Poor infrastructure may be a problem common to developing regions, but Africa's infrastructure situation is especially acute. Two examples highlight this point: ① Transporting a car from Japan to Cote d'Ivoire costs 1,500 dollars, but transporting a car from Cote d'Ivoire to Ethiopia costs more than 5,000 dollars, ② Transporting coconut oil from Indonesia to Mombasa, Kenya, costs 40 dollars per ton; but coconut oil being shipped from Mombasa to Kampala, the capital city of Uganda, costs 100 dollars per ton. In the second case, the product travels 1/6 the distance, but costs twice as much. The transportation cost alone takes up 3/4 of the price for export goods shipped from a landlocked country to the coast, with shortage of ports adding to the difficulty in exporting. This reality of poor African infrastructure means that African export goods are critically handicapped in terms of price competitiveness.

As for Korea, given its expensive farmland as well as expensive labor, it is important to obtain bioenergy crops at low prices from overseas, but it must take into consideration the local situation and distribution problems in Africa.

It is also necessary to emphasize development of bioenergy with respect to Korea's ODA. Bioenergy-related businesses should first build a system of cooperation when it enters Africa. Collaboration in rural Africa in terms of IT is made difficult by the shortage of power supply, which poses formidable

obstacles to operating a telecommunication base station there; but collaboration on Bioenergy development can actually help solve the problem. For instance, foreign telecommunication industries, GSMA (GSM Association), MTN and Ericson, use bio fuel - palm oil and jatropha - which are locally farmed, to supply electricity for their base stations.

The downside of African bioenergy development is shortage of food produced by the farms. Bioenergy development should take the place without hurting food crop cultivation. But 1st generation bioenergy, bioenergy from food crops, will only achieve limited usage due to the food security problem; thus leading to the growth of 2nd generation bioenergy, non-food crop bioenergy, which is expanding in importance. Jatropha is a non-food crop which can be found in tropical regions, growing well in seemingly inhospitable wastelands. This plant, which can be grown on a massive scale, contains much oil which is suitable as a source of bio-diesel. Extraction is not difficult, as jatropha oil can be squeezed out easily using a simple machine, so the production boom is expected to occur in farms around Africa. The concerns over development of bioenergy reducing farmlands in Africa can be laid to rest when the vast, open fields of Africa accommodate this new source of biofuel.

# KIEP 최근 연구자료 발간자료 목록

- 10-08 아프리카 바이오에너지 개발 잠재력 및 발전 전망 / 박영호·허윤선
- 10-07 개도국의 기후변화 대응을 위한 국제사회의 지원: 논의동향 및 쟁점 분석  
/ 정지원·박수경
- 10-06 아시아 외환위기 이후 인도네시아의 정치·경제 상황과 향후 전망 /  
손기태·백유진·김민희
- 10-05 중앙아시아 플랜트시장의 특징과 한국의 참여방안: 카자흐스탄과 우즈베  
키스탄을 중심으로 / 박영호·허윤선
- 10-04 신아시아 시대의 한국과 몽골의 전략적 협력방안 / 이재영·이시영·  
두게르 간바타르
- 10-03 최근 WTO 회원국들의 TBT 동향과 정책시사점 / 장용준·남호선
- 10-02 중앙아시아 국가들의 농업 정책과 한·중앙아시아 농업 협력 확대 방안:  
카자흐스탄, 우즈베키스탄, 키르기스스탄을 중심으로 / 조영관·이시영
- 10-01 한·터키 FTA와 경제협력 증진방안 / 정 철·성한경·이철원·오테현
- 09-01 북유럽 주요국의 언타이드 원조정책과 시사점 / 권 율·정지선
- 09-02 인도 전문인력과 서비스 산업 성장: 한국 지식서비스 산업 발전에  
대한 시사점 / 이순철·송영철
- 09-03 한·미 FTA 이행대상 다자환경협약(MEAs)의 무역규제조치와 시사점 /  
윤창인
- 09-04 장기불황 이후 일본경제의 구조 변화와 글로벌 경제위기 / 김양희·김은지
- 09-05 ODA as a Soft Power Instrument: The EU Experience and its  
Relevance for Asia / Silviu Jora

- 09-06 The Impacts of Enlargement on the Central and Eastern European Countries / András Inotai
- 09-07 싱가포르·말레이시아·인도네시아 3국의 서비스산업 비교 분석 / 손기태·김민희
- 09-08 금융위기 중 외환시장 변동요인 분석과 시사점: 외국인 채권투자와 해외 펀드의 환헤지 행태를 중심으로 / 허 인·박영준
- 09-09 동아시아 지역의 물류효율화가 무역에 미치는 효과 및 시사점 / 방호경
- 09-10 효율적인 ODA 수행을 위한 미시메커니즘 분석과 정책적 시사점 / 손기태·김민희
- 09-11 글로벌 금융위기의 구조적 영향과 통상정책에 대한 시사점 / 김준동·김정곤·윤상철·김봉근
- 09-12 중앙아시아 자원에너지 투자환경 분석과 정책적 시사점 / 조영관·김상원·김지연·이성훈·이유신·정기철
- 09-13 글로벌 금융위기 이후 한국의 대중아시아 진출전략 / 윤성학·김일겸·노형복·변현섭·오영일·홍성혁
- 09-14 카자흐스탄 정치 엘리트와 권력구조 연구 / 이재영·고재남·박상남·이지은
- 09-15 전략지역심층연구 논문집 I 중앙아시아: 정치·사회·역사·문화
- 09-16 전략지역심층연구 논문집 II 중앙아시아: 경제·에너지·환경
- 08-01 중국의 금융산업 현황과 교역장벽 분석: 한·중 FTA 대비 / 이창영
- 08-02 한-ASEAN 부품산업 분업구조 분석 / 정재완·방호경
- 08-03 외자유치 촉진을 위한 경제자유구역 제도 개선 과제 / 정형곤·나승권
- 08-04 한·일 양국의 에너지 분야 대응실태와 협력방안 / 정성춘·이형근
- 08-05 한·중·일 對인도네시아 FTA 체결에 따른 인도네시아 시장 접근성 비교 / 김한성·이재호·백유진
- 08-06 동아시아 지역의 산업별 생산분할 특징과 시사점 / 방호경

## **박영호(朴英鎬)**

한국외국어대학교 경제학 박사  
대외경제정책연구원 세계지역연구센터 아·중동팀장  
(現, E-mail: parkyh@kiep.go.kr)

### **저서 및 논문**

『해외자원개발의 전략적 추진방안: 4대 신흥지역 중심으로』(공저, 2009)  
『한국의 대아프리카 농촌개발협력 방향』(공저, 2009) 외

## **허윤선(許允瑄)**

서울대학교 국제대학원 국제학 석사  
대외경제정책연구원 세계지역연구센터 아·중동팀 연구원  
(現, E-mail: yshur@kiep.go.kr)

### **저서 및 논문**

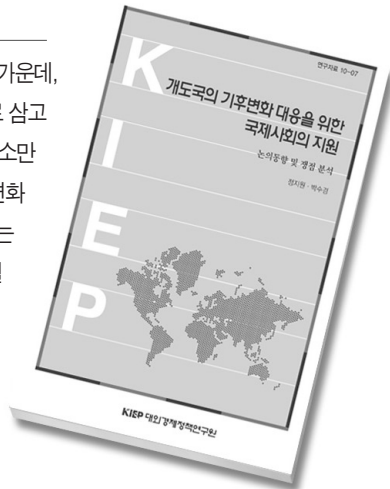
『아프리카 개발협력의 체계적 추진방안』(공저, 2008)  
『한국의 대아프리카 농촌개발협력 방향』(공저, 2009) 외

# 개도국의 기후변화 대응을 위한 국제사회의 지원

## 논의동향 및 쟁점 분석

정지원 · 박수경

기후변화가 전 지구적인 현상으로 나타나는 가운데, 선진국들은 기후변화를 새로운 성장의 기회로 삼고 있는 반면, 개도국들에게 기후변화는 빈곤해소만큼이나 큰 도전과제로 작용하고 있다. 기후변화 문제에 대처할 때 개도국에 대한 특별한 고려는 이미 1992년 유엔 기후변화협약이 도입될 당시부터 있었으나, 최근 유엔 기후변화협상에서 자원 이슈가 부각되면서 개도국 기후변화 대응 지원에 관한 국제사회의 관심이 고조되고 있다. 한편 개발협력사회는 2015년까지 개발목표를 달성하기 위해서 기후변화와 개발의 통합적인 접근을 강조하고 있다. 공여국의 입장에서는 기존의 개발 모델에 기후변화 요소를 추가해야 하는 질적인 측면의 부담(기후 ODA)과 유엔 협약에 의해 개도국 지원자금을 제공해야 하는 양적 부담(기후 재원)을 동시에 안고 있는 상황이다. 본 연구는 기후 ODA와 기후 재원에 관한 국제적인 논의 동향을 정리 및 분석하고 이른바 녹색 ODA 확대 계획을 수립한 우리나라에 대한 시사점을 제시한다.



### KIEP 대인경제정책연구원

2010년 10월 발행    정가 5,000원 / 80면  
ISBN 978-89-322-2180-9 / 978-89-322-2064-2(세트)

• KIEP의 모든 발간자료는 홈페이지(<http://www.kiep.go.kr>)를 통해 구매하실 수 있습니다.

# KIEP 발간자료회원제 안내

- 본 연구원에서는 본원의 연구성과에 관심 있는 專門家, 企業 및 一般에 보다 개방적이고 효율적으로 연구내용을 전달하기 위하여 「발간자료회원제」를 실시하고 있습니다.
- 발간자료회원으로 가입하시면 본 연구원에서 발간하는 모든 보고서 및 세미나자료 등을 대폭 할인된 가격으로 신속하게 구입하실 수 있습니다.

## ■ 회원 종류 및 연회비

회원종류	배포자료	연간회비		
		기관회원	개인회원	연구자회원*
S	외부배포 발간물 일체	30만 원	20만 원	10만 원
A	(반년간)대외경제연구	1만 5천 원		1만 2천 원

\* 연구자회원: 교수, 연구원, 학생, 전문가들 회원

## ■ 가입방법

우편 또는 FAX를 이용하여 가입신청서 송부(수시접수)  
 137-747 서초구 양재대로 108 대외경제정책연구원 지식정보실 출판팀  
 연회비 납부 문의전화: 02)3460-1179 FAX: 02)3460-1144  
 E-mail: sklee@kiep.go.kr

## ■ 회원특권 및 유효기간

- S기관회원의 특전: 본 연구원 해외사무소(美 KEI) 발간자료 등 제공
- 자료가 출판되는 즉시 우편으로 회원에게 보급됩니다.
- 모든 회원은 회원가입기간 동안 가격인상에 관계없이 신청하신 종류의 자료를 받아보실 수 있습니다.
- 본 연구원이 주최하는 국제세미나 및 정책토론회에 무료로 참여하실 수 있습니다.
- 연회원기간은 加入月로부터 다음해 加入月까지입니다.

# KIEP 발간자료회원제 가입신청서

기관명 (성명)	(한글)	(한문)
	(영문: 약호 포함)	
대표자		
발간물 수령주소	우편번호	
담당자 연락처	전화: FAX:	E-mail:
회원소개 (간략히)		
사업자 등록번호	종목	

회원분류(해당란에 √ 표시를 하여 주십시오)

기관회원 □	S 발간물 일체	A 반년간지
개인회원 □		
연구자회원 □		

\*회원번호

\*갱신통보사항

(\*는 기재하지 마십시오)

특기사항



## Policy References 10-08

# Potential and Perspectives of Bioenergy in Africa

Yeongho Park and Yoonsun Hur

아프리카는 세계에서 가장 어두운 대륙으로 인구의 절반 이상이 전기를 사용하지 못하는 절대적인 에너지 빈곤상태에 빠져 있다. 아프리카의 전력부족 문제는 단순히 산업적 영역을 뛰어넘어 보건, 교육 등 사회 전 분야에 걸쳐 빈곤을 더욱 악화시키고 있다. 발전소 건설 등 전력공급 확충을 위한 노력이 시도되고 있으나 그 효과가 미미하여 단기간 내에 전력문제가 해결될 가능성이 높지 않다. 바이오에너지 개발의 가장 큰 의의는 심각한 전력난 해소에 있다. 바이오에너지는 인구의 70% 이상이 살고 있는 농촌지역의 1차 에너지원으로서 전력문제를 해결할 수 있는 효과적인 대안이라고 할 수 있다. 인구밀도가 낮고 제반 인프라가 극히 열악한 아프리카의 농촌현실을 감안할 때 농촌지역으로까지 송배전망을 구축한다는 것은 비현실적이므로 해당지역에서 에너지를 생산하고 사용하는 바이오에너지 개발이 각광을 받고 있다.

**KIEP** 대외경제정책연구원

137-747 서울특별시 서초구 양재대로 108  
137-602 서울 서초우체국 사서함 235호  
대표전화 02-3460-1001, 1114  
Fax 02-3460-1122, 1199  
<http://www.kiep.go.kr>



ISBN 978-89-322-2181-6  
978-89-322-2064-2 (세트)

정가 7,000원