

아프리카 바이오에너지 개발 잠재력 및 시사점



대외경제정책연구원 아프리카팀장 박영호
(parkyh@kiep.go.kr)

1. 서론

아프리카에 있어 대체에너지 개발은 삶의 문제와 직결되는 사안이다. 아프리카는 절대적인 '에너지 빈곤'에 시달리고 있는데, 현재 10억에 가까운 인구 가운데 절반 이상이 전기를 공급받지 못하고 있다. 아프리카의 전력생산능력은 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 전망인데, 세계은행 등 국제기구와 많은 전문가들은 오는 2050년에도 아프리카가 세계에서 가장 '어두운 대륙'으로 남아있을 것으로 내다보고 있다. 이러한 가운데 아프리카의 에너지 빈곤을 해소할 수 있는 방안의 하나로 바이오에너지 개발이 대두되고 있다. 북아프리카와 일부 다른 지역

은 태양광과 풍력 등의 대체에너지 개발 잠재력이 크지만, 사하라이남 지역의 경우에는 신재생에너지 가운데에서도 바이오에너지가 활용성 측면에서 매우 적합한 것으로 평가되고 있다.

따라서 앞으로 사하라이남 아프리카의 신재생에너지 가운데 가장 주목을 받게 될 에너지 자원은 바이오에너지라고 할 수 있다. 물론, 아프리카에 있어 바이오에너지 개발은 전기 등 기존의 에너지를 대체 또는 보완한다는 데에 가장 중요한 의미가 있다. 바이오에너지 개발은 특히 농촌마을의 심각한 전력난을 해소하는데 일정부분 기여할 수 있을 것으로 판단된다. 낮은 인구밀도 즉, 넓은 지역에 여기저기 분산되어 거주하고 있는 아프리카 농촌마을의 특성을 감안할 때 기존의 방식으로 전기를 공급한다는 것은 비현실적이다. 아프리카에 있어 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, 아프리카에 있어 공기오염은 바이오매스의 직접적 사용에 따른 실내공기 오염을 의미한다.



다. 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 산재하고, 노력 여하에 따라 바이오에너지의 획기적인 생산도 가능하다고 할 수 있다. 아직까지는 투자자금 및 기술부족 등으로 바이오에너지 생산이 초보적 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 국가들이 바이오에너지 개발의 필요성과 중요성에 주목하고 관련제도 마련 등 정책적인 노력을 기울여 나가고 있다. 아프리카 바이오에너지의 개발 잠재력이 새롭게 부각되면서 유럽을 중심으로 세계 주요국의 진출도 가시화되고 있다. 아프리카는 햇볕이 강하고 수자원도 풍부함으로 바이오에너지보다는 태양광이나 수력을 활용하는 것이 더 좋은 대안이 아니냐하는 지적이 제기될 수 있을 것이다. 그러나 태양광에너지나 수력발전에는 많은 건설비용이 수반됨으로 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 견지에서 본고는 아프리카 바이오에너지의 개발 잠재력 및 발전 동향에 대해 살펴보고자 한다. 본고는 우리의 대 아프리카 바이오에너지 산업 진출

또는 개발원조에 있어 하나의 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

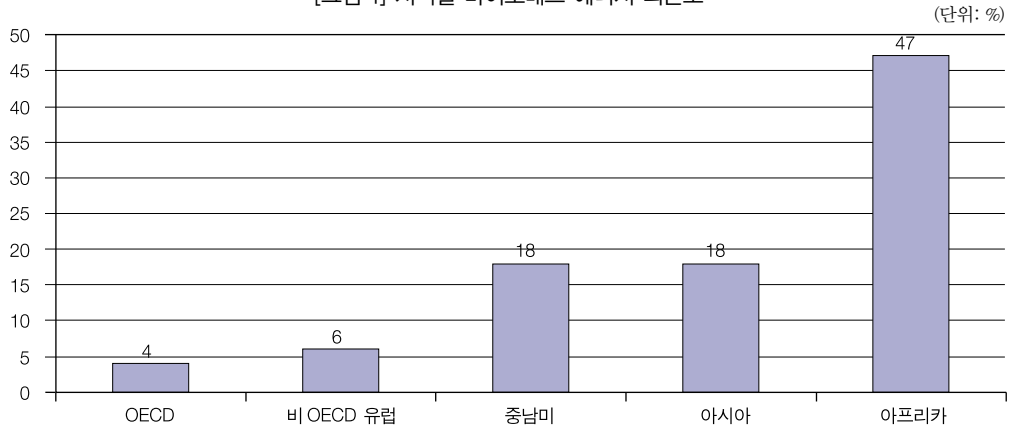
2. 아프리카의 에너지이용 실태

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 자리매김해 오고 있다. [그림 1]은 세계 지역별 바이오매스 사용비중, 즉, 전체 1차 에너지소비 가운데 바이오매스를 직접 연소하여 사용하는 비중을 비교해 보여주고 있는데 아프리카가 절반 가까이로 다른 지역에 비해 월등히 높다는 것을 알 수 있다.

〈표 1〉은 아프리카를 포함한 주요 개도국의 바이오매스 사용 인구를 보여주고 있는데, 사하라이남 아프리카(SSA)의 경우 76%에 해당하는 6억명에 가까운 인구가 바이오매스에 의존하고 있음을 알 수 있다. 농촌지역으로 가면 그 비중이 획기적으로 높아지는데 무려 93%가 바이오매스에 의존하고 있다.

국가별로 보면 북아프리카의 경우 바이오매스 사용 비중은 5%로 낮은 편이나, 남아공(15%)을 제외한 나머지 사하라이남 아프리카 국가들의 경우에는 그 비중이 70~90%에 이르고 있다. 대부분의 아프리카 국가들은 대체연료를 사용할 여유가 없어 목재 등을 취사용의 주요 연료로 사용하고 있다. 이는 산유국이라고 해서 예외가 아니다. 나이지리아는 아프리카 최대

[그림 1] 지역별 바이오매스 에너지 의존도



주: 1차 에너지에서 바이오매스 에너지가 차지하는 비중(2005년)
자료: IEA(2007)

〈표 1〉 아프리카의 바이오매스 사용인구

구 분	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 취사(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.

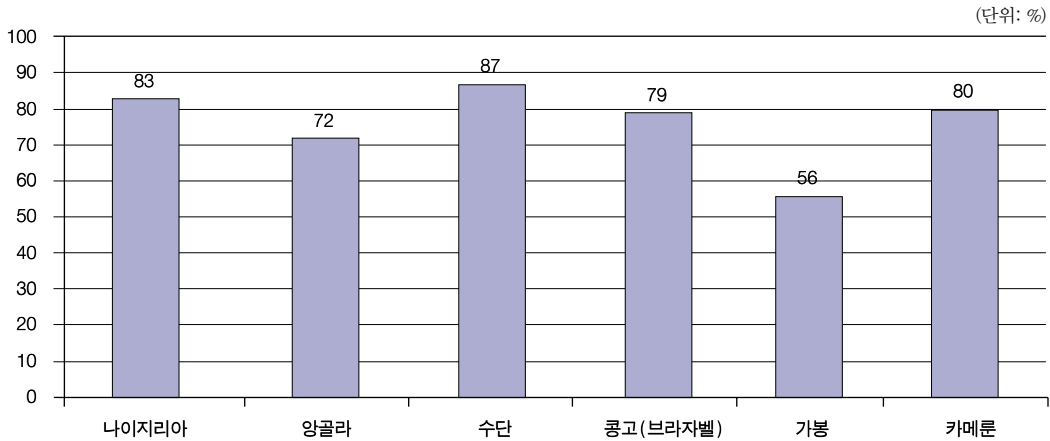
산유국이자 세계 8대 원유 수출국이며, 앙골라는 하루 200만 배럴(한국의 석유소비는 하루 230만 배럴) 가까이 생산하는 OPEC 회원국이다. 수단, 콩고공화국 등 역시 아프리카의 주요 산유국이다. 그런데 이들 국가에 있어 주요 에너지원은 석유가 아니라 바이

오매스로 그 비중이 70~90%에 달하고 있다.

이는 아프리카 에너지원의 후진적 구조를 잘 보여주는 것으로 바이오에너지 기술의 미발달과 높은 인구증가율(2.5%)에 기인하는 것으로 '에너지 빈곤'을 의미하는 것이다. 문제는 앞으로 이러한 상황이 더욱

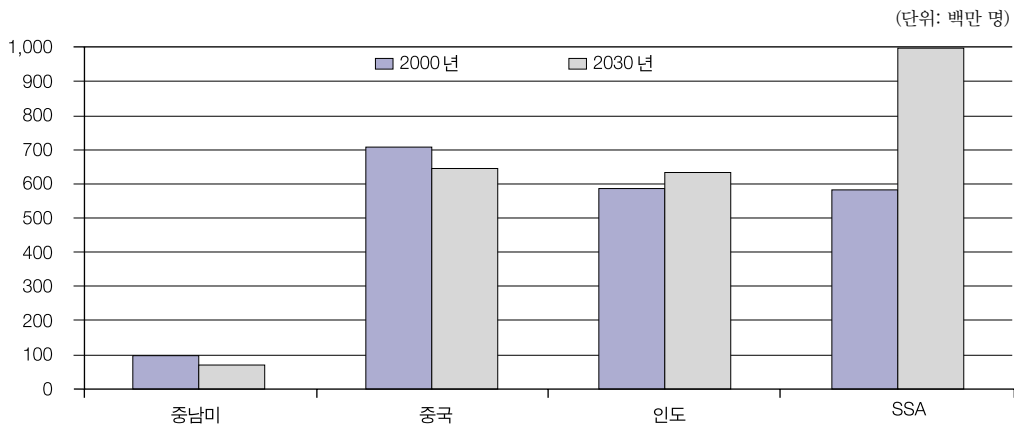


[그림 2] 아프리카 산유국의 바이오매스 의존도



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

[그림 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.

심화될 것이라는 사실이다. 그동안 아프리카의 바이오매스 사용 증가율은 계속해서 증가하여 왔으며, 이 같은 추세는 앞으로도 계속 이어질 것으로 보인다. 그

결과 오는 2030년에는 아프리카(SSA) 인구 10억 명이 바이오매스에 의존하게 될 것으로 전망되고 있다¹⁾. IEA(2006) 역시 바이오매스에 대한 아프리카의 의존

도가 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 목재 자원이 고갈되어 가고 있고, 식물이나 토양이 황폐화되는 등 자연환경에 심각한 영향을 미치고 있다. 바이오매스의 과도한 사용은 산림파괴 등 환경 문제뿐만 아니라 국민의 건강과 보건문제²⁾를 야기하고 있다. 이러한 문제를 해소하기 위해서는 바이오매스의 전통적 사용방식에서 벗어나 현대적 기술과 변환과정 기술을 통한 바이오에너지 생산에 주력해야 할 것이다.

3. 아프리카 바이오에너지 개발 잠재력

가. 바이오에너지 생산현황

아직까지 아프리카 바이오에너지 산업은 초기단계에 머무르고 있다. 넓은 경작면적과 적합한 기후조건에도 불구하고, 자본 및 기술 부족, 제도 미비 등의 이유로 현재 아프리카의 바이오에너지 생산량이 그다지 많지 않다. 소규모 생산으로 이루어지는 아프리카 바이오에너지 산업특성상 정확한 생산통계는 알 수 없지만³⁾, 말라위, 말리, 탄자니아 등 일부 국가들을 중심으로 바이오에너지 생산이 점차적으로 늘어나고 있

다. 하지만 미국, 브라질 등이 주도하고 있는 전 세계 바이오에너지 생산에서 아프리카가 차지하는 비중은 매우 미미하다.

현재 아프리카에서는 말라위, 말리, 탄자니아, 에티오피아 등지에서 바이오에너지가 소규모로 생산되고 있다. 아프리카 국가들 중 바이오에너지 생산이 가장 활발한 곳은 말라위이다. 말라위는 30여년 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 사탕수수과 몰라스의 부산물에서 바이오에탄올을 추출하여 연간 약 3천만 톤의 바이오에탄올을 생산하고 있다⁴⁾. 말리는 바이오에탄올과 바이오디젤을 모두 생산하고 있는 아프리카 바이오에너지 산업의 선두주자이다. 말리는 2006년부터 정부의 적극적인 지원에 힘입어 바이오에탄올과 바이오디젤 생산에 박차를 가해 오고 있다. 한 해 사탕수수 및 당밀 생산량의 절반정도(사탕수수 20만 톤, 당밀 5천만 톤)가 바이오에탄올 생산에 사용되고 있을 정도이다. 말리에서는 현재 SUKLA S.A사가 매년 약 230만 리터의 바이오에탄올을 생산하고 있는데, 절반정도는 국내에서 사용되며 나머지 절반은 이

1) 이는 2030년까지의 인구 증가 전망을 감안한 것임.

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

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

4) Bamikole Amigun, 2009, Evaluation of Biofuels substantiality: Can We keep Biofuel Appropriate and Green?



〈표 2〉 주요국의 바이오에너지 생산현황 비교(2008년 기준)

순 위	국가	바이오에탄올 (십억 리터)	바이오디젤 (십억 리터)
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
9	태국	0.3	0.4
10	콜롬비아	0.3	0.2
-	말라위	0.03	-
-	말리	0.002	소량
-	남아공	소량	소량

자료: 1~10위국 생산량은 REN21, 2009, Renewable Global Status Report 2009; 아프리카 생산량은 각국 홈페이지 자료 참조

웃 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 크지 않지만, 현재 정부가 적극적인 지원 의사를 밝히고 있고, 외국 투자자들의 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 2천 ha의 사탕수수 경작지가 늘어나고 사탕수수 경작량은 현재의 2~3배로 늘어날 수 있을 것으로 전망하고 있다. 또한 약 400 ha에 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 시행해 오고 있다. 동 프로젝트는 자트로파를 원료로 바이

오디젤을 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 200여개 마을로 확대할 예정이다⁵⁾. 이밖에도 탄자니아 국내 중소기업인 KAKUTE사는 아르샤(Arsha) 지역에서 자트로파를 이용한 바이오디젤 생산을 시작하였다. 영국계 에너지 기업인 D1사는 10만 ha 규모의 대규모 경지에서 자트로파 경작을 시작하였다. 탄자니아 일부 농가에서는 사이잘(Sisal)을 이용한 바이오가스 생산도 시작되었다.

에티오피아에서는 1999년에 사탕수수 농장 안에 에

탄올 생산시설을 건립하면서부터 바이오에탄올 생산이 시작되었다. 2004년에는 생산된 바이오에탄올을 가정에서 연료로 이용할 수 있게 되었다. 바이오에탄올을 가정에서 이용할 수 있도록 '바이오에너지 전용스토브(현지에서는 'CleanCook'으로 불림)'를 보급시켰고, 현재는 에티오피아 도심 일부 지역과 난민캠프에서 이 스토브를 사용하여 바이오에탄올을 취사에 이용하고 있다.

서부아프리카의 니제르와 나이지리아에서는 비식용 작물인 님(Neem)을 바이오디젤로 만들어 기계의 연료로 사용하고 있다. 니제르에서는 2005년부터 바이오디젤과 일반디젤을 50 대 50으로 혼합한 연료를 이용하여 펌프를 가동하기 시작하였고, 나이지리아 일부 마을에서는 님으로 만든 바이오디젤을 펌프와 타작 기계에 사용하고 있다⁶⁾.

〈표 3〉 아프리카의 주요 바이오에너지 생산 프로젝트

프로젝트명	국가	기업	사업 내용
Garalo Bagani Yelen	말리	MFC Nyetaa	- 자트로파 경작 - 복합발전기(Hybrid power plant)를 이용하여 전기로 변환
C3 Biodiesel	모잠비크	Salconsult	자트로파를 경작하여 바이오디젤 생산
PROCANAMassingir	모잠비크	CAMECPROCANA	사탕수수를 경작하여 바이오에탄올 생산
SUNBIOFUEL	모잠비크	CAMECPROCANA	자트로파를 경작하여 바이오디젤 생산
Integrated Sustainable Energy Services for Poverty Reduction & Environmental Conservation	탄자니아	TaTEDO	다기능엔진(Multi-functional)을 사용하여 농작물 생산에 활용

자료: 각종 자료 바탕으로 작성

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



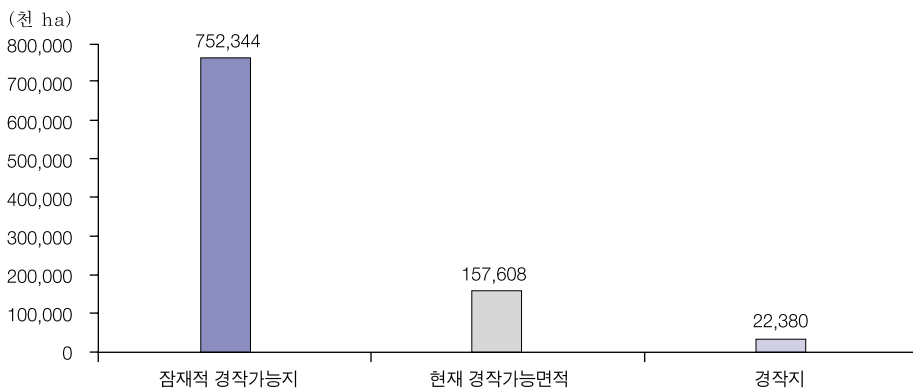
나. 바이오에너지 생산여건

아프리카의 바이오에너지 개발 잠재력은 무엇보다도 광활한 경작지에서 찾을 수 있다. 아프리카는 광활한 대지를 소유하고는 있지만 대부분이 미경작 상태에 있다. 식량농업기구(Food and Agricultural Organization)에 따르면 아프리카의 잠재적 경작가능지의 면적은 무려 7억 5천만 ha에 달한다. 그리고 당장에 이용 가능한 경작가능 면적만 해도 1억 6천만 ha가 넘는 것으로 조사되고 있다. 그러나 현재 아프리카가 실제로 경작지로 사용하고 있는 면적은 2천 2백만 ha로 전체 경작가능 면적의 14%에 불과하다. 이는 아프리카가 향후 국제적인 바이오에너지 수요 증가에 부응하여 농경지를 확대할 수 있는 여지가 그만큼 많다는 것을 뜻한다.

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

2007년 발간된 OECD 보고서⁷⁾는 2050년 아프리카의 바이오에너지 경작가능 경지가 약 0.25기가(Giga) ha에 달할 것으로 예상하고 있다⁸⁾. 이는 전 세계 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 경작가능 면적은 각각 0.04기가 ha에 머물 것으

[그림 4] 아프리카의 경작가능 면적 및 경작지 현황



자료: FAO

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

7) Doornbosch&Steenblik, 2007, "Biofuels: Is the cure worse than the disease?", OECD.

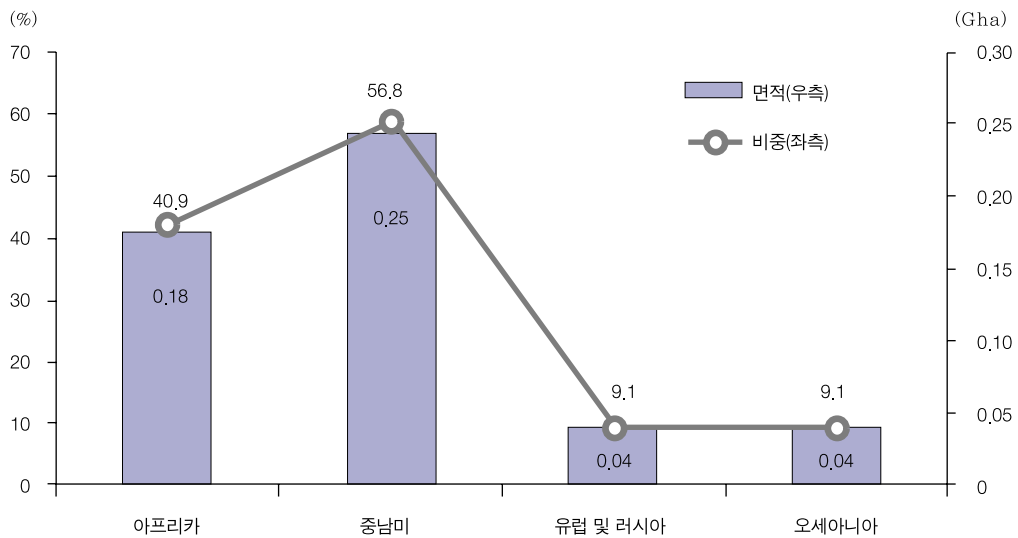
8) 또한 동 보고서는 2050년 전 세계 바이오연료 경작가능 면적이 0.44기가 ha에 달할 것으로 전망하고 있음.

〈표 4〉 바이오에너지 주요 작물의 경작 조건 및 에너지 효율

작물명	강수량 조건 (mm)	고도/ 기후조건	경작량 (톤/ha)	바이오연료 생산량 (리터/ha)	에너지 효율 (GJ/ha)
사탕수수	1,400~1,800	0~1,000m / 섭씨 22~38도	100	7,500	157.5
팜유	2,000이상	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)

[그림 5] 2050년 전 세계 바이오에너지 경작가능 면적 전망



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



로 예상되는데, 이는 전체 바이오에너지 경작지의 10%에도 미치지 못하는 규모이다. 동 OECD 보고서는 향후 아프리카 바이오에너지의 개발 잠재력이 어느 정도인지를 잘 보여주고 있다.

다. 아프리카 바이오에너지 작물재배 현황

1) 개황

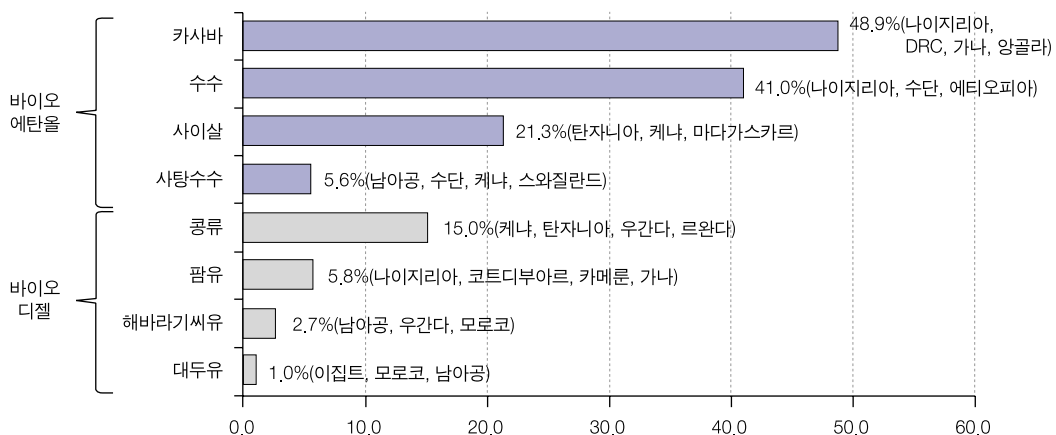
아프리카의 바이오에너지 산업은 무궁한 잠재력을 가지고 있다. 무엇보다도 아프리카의 풍부한 바이오에너지 작물은 향후 아프리카 바이오에너지 산업의 발전가능성을 가늠하게 한다. 아프리카는 카사바(cassava), 수수(sorghum), 사탕수수(sugarcane) 등 바이오에탄올 작물의 세계적 생산지이다. 카사바의 경우 전 세계 생산량의 절반 가까이가 아프리카에서 생산되고 있는 것으로 나타나고 있다. 특히 나이지

리아, 콩고민주공화국, 가나 등 서부 아프리카 등지에서 많이 재배되고 있다. 바이오에탄올 원료로 많이 사용되는 수수도 아프리카의 주요 생산 작물 중 하나이다. 아프리카의 2007년 수수 생산량은 약 2천 6백만 톤인데 이는 전 세계 수수 생산량의 약 40%를 차지하는 비중이다. 이밖에 사이잘, 사탕수수 등 바이오에탄올의 원료가 되는 작물이 아프리카에서 다량 생산되고 있다. 아프리카는 콩류 beans와 팜유 palm oil와 같은 바이오디젤 원료의 작물생산도 매우 풍부하다. 전 세계 생산량에서 아프리카 콩류와 팜유의 생산량이 차지하는 비중은 각각 약 15%와 6%에 달하고 있다.

2) 자트로파

아프리카 바이오에너지 작물 중 새롭게 주목할 필요가 있는 것은 바로 자트로파(Jatropha)이다. 바이

[그림 6] 아프리카의 바이오 작물생산 비중



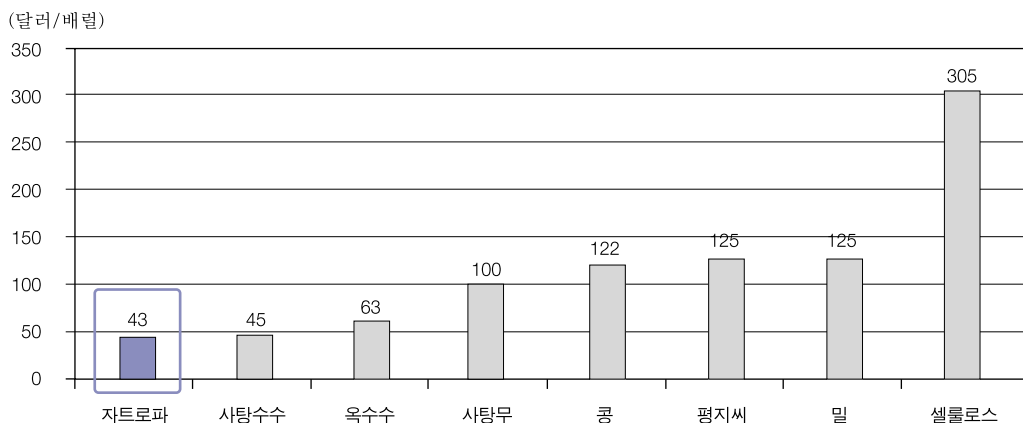
주: 전 세계에서 차지하는 비중
자료: FAOSTAT 참조 작성

오에너지 원료로서 자트로파의 가장 큰 장점은 비식용 작물이라는 점이다. 카사바, 사탕수수, 팜유 등은 모두 에너지 밸런스가 뛰어나고 아프리카에서 다량으로 재배되는 작물이라는 점에서 중요한 바이오에너지 원료로 주목받고 있다. 하지만, 이들은 모두 아프리카의 가난한 농민들의 주식이기 때문에 바이오에너지 원료로 사용하는 데에는 제한적일 수밖에 없을 것이다. 식량 작물들을 바이오에너지 생산에 대거 사용하게 되면 이는 식량문제 해결에 역행한다는 비판에 직면하게 될 것이다. 이런 점에서 비식용 작물인 자트로파가 새로운 바이오에너지 작물로 각광을 받고 있다. 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 자라

며, 한 번 심으면 일 년에 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, 팜유 보다는 적은 편이지만, 경작이 쉽고 어디서나 수확이 가능하다는 장점 때문에 자트로파의 경제성이 다른 어느 작물보다 뛰어나다고 강조하고 있다. 실제로 자트로파로 만든 바이오연료 생산비용은 사탕수수, 옥수수, 사탕무 등 다른 바이오작물에 비해 크게 낮은 수준이다.

아래 [그림 7]에서 보듯이, 자트로파를 사용한 바이오연료 생산비용은 배럴당 43달러로 사탕수수로 만든 바이오연료 생산비용의 절반, 2세대 바이오에너지 작물인 셀룰로스(cellulose)⁹⁾의 1/6에 불과하다.

[그림 7] 원료별 바이오에너지 생산비용 비교



자료: 한겨레신문(2007.9.10)

9) 셀룰로스(cellulose)는 초본, 임목과 볏짚, 왕겨와 같은 농부산물들을 포함하며, 2세대 바이오에너지 작물임.



게다가 자트로파는 환경 친화적이라는 강점을 가지고 있다. 다른 바이오에너지 작물의 경우에는 자라는 동안 토양의 영양분을 빼앗아 다른 식량작물의 성장을 방해하지만, 자트로파는 오히려 토양 영양분인 니트로젠(nitrogen)의 양을 조정하여 토양의 질을 향상시키는 역할을 한다¹⁰⁾. 이는 아프리카와 같이 식량부족에 시달리는 지역에서 자트로파와 곡식을 함께 경작할 수 있다는 것을 의미하기도 한다.

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 둘레에 많이 심어졌다. 그러나 최근에는 자트로파가 새로운 바이오에너지 원료로 등장하면서 동부와 서부지역을 중심으로 자트로파 재배면적이 크게 늘어나고 있다. 현재 동부 아프리카에서 자트로파를 가장 활발히 재배하고 있는 국가는 모잠비크이다. 최근 모잠비크는 30만 ha 규모의 경지에 자트로파를 경작하는 사업을 시작했다. 동부지역의 말라위도 최근 영국계 바이오연료 회사인 D1사의 투자를 받아들여 5만 5천 ha 규모의 자트로파 농장을 설립하였다. 서부 지역에서는 부르키나파소와 말리, 세네갈이 두드러진 자트로파 재배 실적을 보이고 있다. 부르키나파소는 현재 2만 5천 ha 규모의 경지에서 자트로파 경작을 하고 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 32만 ha의 경지에서 자트로파를 생산하고 있다¹¹⁾. 이들 국가 이외에도 말리, 잠비아 등이 자트로파를 경작하여 바이오디젤을 생산하는 파일럿 프로젝트를 실시하고 있다¹²⁾.

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. 그러나 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.

4. 아프리카 주요국의 바이오에너지 개발정책

바이오에너지의 중요성이 높아짐에 따라 전 세계 주요 국가들은 의무사용 규정, 생산기준 설정, 연구장려, 투자 유치 등을 통해 바이오에너지 산업 육성 정책을 시행하고 있다. 미국, 브라질, 캐나다와 같이

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

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

12) R.B. Mangoyana, 2008, Bioenergy for sustainable Development: An African Context, *Physics and Chemistry of the Earth* 34(2009) 59-64.

바이오에너지 산업이 발달한 국가들은 바이오에너지 산업에 대한 구체적인 세제혜택, 보조금 등의 인센티브와 중장기적인 사용 목표도 설정해 놓고 있다. 전 세계 바이오에너지 시장을 주도하고 있는 미국은 바이오에너지 사업자에 대한 세금 공제, 무상지원 및 융자프로그램 등을 통해 바이오에너지 산업을 지원하고 있다. 또한 자동차세 공제, 혼합연료 차량에 대한 보조금 지급 등을 통해 바이오에너지 소비를 적극 장려하고 있다¹³⁾. 브라질도 바이오에너지 생산자에 대한 공업세 감면, 융자지원, 소비자에 대한 차량 면세 및 유류세 혜택을 통해 적극적인 바이오에너지 육성정책을 실시하고 있다. EU 국가들의 경우에는 국가별로 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 장려 정책에는 크게 못 미치지만, 바이오에너지 생산기준 확립, 소비 인센티브 도입 등을 적극 검토하고 있다. 본고에서는 아프리카 국가들 중 비교적 바이오에너지 육성 및 지원 정책이 확립된 국가들을 중심으로 바이오에너지 육성정책을 살펴보고자 한다.

가. 남아공

아프리카의 최대 경제대국인 남아공은 아프리카 바이오에너지산업을 주도하는 선두주자이다. 2003년부터 남아공은 전력부족 문제의 해결책으로 신재생에너지 산업에 주목하고 「신재생에너지 정책(Renewable Energy Policy)」을 수립하는 등 바이오에너지, 태양열, 풍력 등 새로운 에너지원 개발에 주력해 오고 있다. 남아공은 2005년부터 경제발전의 신성장 원동력은 물론 석유자원 의존 탈피 및 환경보호 차원에서 바이오에너지 산업을 적극 육성해 오고 있다. 남아공의 바이오에너지 정책은 2007년 「바이오연료 산업 전략(Industrial Biofuel Strategy)」 수립으로 구체화되었는데, 동 전략은 향후 5년 이내에 전체 액체연료에서 바이오연료가 차지하는 비중을 2%(약 4억 리터)까지 끌어올리는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 바이오연료 생산 지원정책, 바이오에너지 생산 및 이용 기업에 대한 세제 혜택, 수송연료로서의 이용 가능성 등을 구체적으로 제시하고 있다. 또한 바이오에탄올과 바이오디젤의 혼합비율을 각각 8%(E-8)와 2%(BD2)¹⁴⁾로 책정하는 정책을 수립하기도 하였다¹⁵⁾.

현재 남아공의 바이오에너지 지원 정책은 크게 두 가지이다. 먼저, 외국인 투자자 등 남아공 바이오에너지에 진출하는 기업을 지원하는 투자유인정책을 들 수 있다. 남아공 정부는 바이오에너지 산업에 진출하는 기업들에게 세금 감면 혜택을 주고 있는데, 사업

13) IEA, 2009, Policy and Measure Database

14) 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 있음.

15) 남아공 광물자원부, 2006, Industrial Biofuel Strategy of the South Africa.



첫 해에는 기준세금의 50%, 두 번째 해에는 30%, 세 번째 해에는 20%의 세금감면 혜택을 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 판매 의무를 부과하는 방안도 고려중에 있다.

두 번째 방법은 투자확대를 통해 바이오에너지 생산을 대형화하는 것이다. 현재 남아공 대부분의 바이오에너지 생산은 소규모 생산시설에 의존하고 있는데, 향후 에너지 수요 증가와 바이오에너지 수익성 확대를 감안할 때 생산시설의 확대가 절실한 실정이다. 이에 남아공 정부는 정부산하 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 9천만 달러 규모의 대규모 바이오에너지 생산시설 건립 프로젝트를 진행 중이다. 동 프로젝트는 각각 9천만 리터와 1억 리터의 생산 능력을 갖춘 대규모 바이오에탄올 생산시설 2개를 설립하는 것을 골자로 한다. 그리고 이와는 별도로 최근 새로운 바이오에탄올 공장(1억 5천만 리터 생산가능) 건립에 대한 타당성 조사에 착수했다¹⁶⁾. 또한, 선진국의 바이오에너지 생산 기술을

차입하기 보다는 남아공의 기후 조건 및 생산여건에 적합한 자체 생산기술 개발에 주력하고 있다. 특히 자국의 식량문제에 영향을 주지 않으면서 효율적으로 에너지를 생산할 수 있는 비식용 작물에 대한 연구를 강화하고 있다. 이를 위해 5년간 약 2천만 달러를 남아공 현지의 Stellenbosch 대학에 지원하여 바이오에너지 생산기술을 연구하도록 하고 있다. Stellenbosch 대학의 바이오에너지 생산기술 연구는 비식용 작물을 이용한 바이오에너지 생산기술, 2세대 바이오에너지 생산기술, 기후에 적합한 원료작물 연구, 바이오에너지를 사용한 발전기기 연구 등에 초점을 맞추고 있다¹⁷⁾. 남아공 정부는 옥수수를 원료로 하는 바이오에탄올 생산이 심각한 식량안보 문제를 야기할 수 있다는 것을 인지하고, 옥수수를 제외한 다른 원료 작물을 바이오에너지 생산에 사용할 것을 적극 권장하고 있다. 2007년 발표된 「바이오연료 산업 전략」에서는 사탕수수과 사탕무를 바이오에탄올의 주요 원료로, 대두유와 카놀라유, 해바라기 등을 바이오디젤의 주요 원료로 사용할 것임을 명시하였다. 특히 사탕수수와 사탕무를 사용한 바이오에너지 생산을 적극 권장하고 있는데, 이는 남아공에서는 사탕수수와 사탕무를 이용한 바이오에탄올 생산의 수익성이 가장 높기 때문이다.

나. 나이지리아

아프리카의 원유대국 나이지리아도 바이오에너지 생산에 큰 관심을 가지고 관련 정책을 추진하고 있다.

16) USDA Foreign Agricultural Service, 2009, Biofuel Annual: South Africa.

17) USDA Foreign Agricultural Service, 2009, Biofuel Annual: South Africa.

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 형편이다¹⁸⁾. 특히 배전 설비가 제대로 갖추어지지 않은 농촌지역의 전력난은 더욱 심각하다. 이에 나이지리아 정부는 바이오에너지를 통해 농촌지역의 전력문제를 해결하려 하고 있다. 나이지리아가 바이오에너지 산업육성에 주력하고 있는 두 번째 이유는 산업화에 따른 환경오염을 줄이겠다는 의지에서 비롯된다. 나이지리아는 일산 250만 배럴의 원유생산능력을 가지고 있는 아프리카 2위, 세계 7위의 산유국이다. 원유·가스 부문이 외환수입의 95%, 재정수입의 75% 이상을 차지하고 있고 국내총생산의 30% 이상을 점유할 정도로 원유·가스 부문에 대한 경제적 의존도가 높다. 2000년대 초반 이후 국제 석유가격이 상승세로 돌아서자 나이지리아 경제는 6%대의 높은 성장세를 보여 왔다¹⁹⁾. 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 환경오염 문제의 해결을 시도하고 있다. 이를 위해 나이지리아 정부는 2005년 바이오에너지 관련 정책을 수립하고 바이오에너지 산

업육성을 본격적으로 추진해 오고 있다. 2005년 나이지리아 에너지위원회(Energy Commission of Nigeria)는 UNDP와 함께 「재생에너지 마스터플랜」을 수립하기도 하였는데, 동 마스터플랜에서는 태양열, 수력, 풍력 등 친환경 에너지와 함께 바이오에너지를 나이지리아의 신에너지원으로 선정하였다. 또한 동 마스터플랜을 통해 나이지리아 정부는 2015년까지 바이오에너지의 전력생산량을 100MW로 확대하고, 2025년에는 800MW까지 확대한다는 장기적 생산목표를 설정하였다. 그리고 정부와 국영석유회사인 NNPC(Nigerian National Petroleum Corporation)는 나이지리아 전역에서 카사바와 사탕수수 재배 지역을 선정하고 바이오에너지 생산을 위한 타당성 조사에 착수했다.

나이지리아의 바이오에너지 정책은 2007년 「바이오에너지 정책(National Policy on Biofuel)」을 수립하면서 더욱 구체화되기 시작하였다. 동 정책은 나이지리아에서 생산될 바이오에너지 혼합비 목표 수립과 바이오에너지 산업 육성을 위한 각종 지원정책을 골자로 한다. 동 정책에 따라 에탄올과 가솔린의 혼합비율을 10 대 90으로 하는 E-10과 바이오디젤과 일반디젤의 혼합비율을 20 대 80으로 하는 B20이 정책 목표로 설정되었다. 또한 2020년까지 바이오에너지 국내 수요량 전체를 국내 생산을 통해 조달하겠다는 생산 목표도 수립되었다. 바이오에너지 산업에 대한 기업투자를 늘리기 위해 투자 기업에게 10년간 세금을 감면해 주는 정책도 시행되고 있다²⁰⁾.

18) 세계은행, 2009, World Development Indicators: EIU, 2009, Country Profile: Nigeria.

19) EIU, 2009, Country Profile: Nigeria.

20) NNPC, 2007, Draft Nigerian Bio-fuel Policy and Incentives.



나이지리아는 바이오에너지 관련 정책을 좀 더 효율적으로 운영하기 위해 별도의 정책시행기관을 설립하였다. 정부부처간 조정위원회(Inter-Ministry Steering Committee)를 설립하고, 바이오에너지 주요 정책을 관할하게 한 것이다. 정부부처간 조정위원회는 석유부 장관이 위원장을 맡고 있고, 농림부, 재무부, 산업부 등 주요 부처 장관들과 국영석유회사, 국립기술위원회 관련자들이 위원회를 구성하고 있다. 정부부처간 조정위원회 산하에는 기술위원회를 조직하여 관련 정부부처 공무원들과 에너지위원회, 대통령 직속 에너지 분과 공무원들이 기술자문을 하도록 하였다. 이들은 국내외 바이오에너지 정책 및 기술동향을 관찰하고 나이지리아 국내 바이오에너지 규제 및 법률 정비, 생산 감독 등을 주요 업무로 한다.

나이지리아 바이오에너지 정책의 큰 특징은 국영석유회사인 NNPC가 바이오에너지 생산에 주도적인 역할을 하고 있다는 점이다. 아프리카 대부분 국가들의 경우 외국계 바이오에너지 회사가 바이오에너지 생산 부문을 독점하고 있는데 반해 나이지리아에서는 국영석유회사(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 있다²¹⁾. NNPC가 국가 바이오에너지 정책 및 규제 수립에도 주도적인 역할을 하고 있다는 것을 감안할 때, 향후 나이지리아의 바이오에너지 산업은 NNPC가 계속해서 주도해 나갈 것으로 전망되고 있다.

나이지리아 각 주의 지방 정부들도 바이오에너지 산업 지원에 힘쓰고 있다. 나이지리아 나사라와(Nasarawa) 주정부의 경우에는 약 2천 7백만 달러 규모의 펀드를 조성하고 이를 바이오에탄올 생산에 투입할 방침이다. 또한 농업수출 지원센터를 설립하여 바이오에너지 생산 및 수출을 전담하게 할 계획이다. 외국인 투자유치에도 적극 나서고 있는데 도마(Doma) 지역에 대규모 카사바 생산지와 바이오에탄올 생산 설비를 건립한다는 계획을 추진하고 있다.

다. 모잠비크

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 관련정책 및 추진방안이 공식 발표되면서 보다 구체화되었다. 동 정책은 바이오에너지 산업육성을 통해 모잠비크의 에너지안보와 지속가능한 발전을 꾀하는 것을 골자로 하고 있으며, 바이오에너지 생산의 대형화라는 정책기조 하에 관련 행정체제 정비, 환경 규제 강화, 혼합비 설정 등에 관한 정책이 수립되었

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

다. 먼저 행정지원체제를 보면 ‘국가바이오에너지 육성프로그램(National Programme for Biofuel Development)’을 마련하여 바이오에너지 생산기업에 대한 재정적 지원을 하고 있다. 또한 ‘바이오에너지 위원회(National Commission for Biofuel)’를 신설하고 바이오에너지 생산 및 소비와 관련하여 제반 관련정책을 관장하도록 하였다. 나아가 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 거래토록 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 환경 규정을 준수해야 한다. 이는 무분별한 바이오에너지 경작으로 인해 토지영양분 손실, 생태계 파괴 등이 발생하는 것을 방지하기 위함이다. 경유와 바이오에너지의 혼합비와 관련해서는 바이오에탄올은 10%의 혼합율(E10)을, 바이오디젤은 5%의 혼합율(B5)을 정책 혼합비로 결정하였다. 모잠비크 정부의 바이오에너지 정책 중 가장 주목할 만한 점은 토지구분정책이다. 모잠비크와 같은 최빈국에서 바이오에너지 육성정책을 추진함에 있어 가장 큰 걸림돌은 역시 식량안보 문제가 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 이

런 문제를 해결하기 위해 식량재배용 토지와 바이오에너지 작물재배용 토지를 구분하였다. 이에 따라 모잠비크에서 바이오에너지 작물을 재배하고자 할 경우에는 정부의 사전 승인을 득해야 한다. 물론 이는 언급한 바와 같이 무분별한 바이오에너지 작물재배로 인해 식량작물 경작이 방해를 받거나 식량경작을 위한 토지가 줄어드는 것을 방지하기 위한 제도적 장치이다.

라. 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 석유소비 의존도와 이산화탄소 배출 증가에 따른 환경문제와 관련이 깊다고 할 수 있다. 탄자니아의 에너지 수요는 높은 경제성장과 빠른 산업발전으로 빠르게 늘어나고 있는데, 2000년 이후 석유소비 증가율이 연간 30%에 달하고 있다. 이러한 석유소비 증가와 함께 2000년대 초반 이후 국제유가 상승은 석유소비의 전량을 수입에 의존하는 탄자니아에 있어 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 인근지역을 중심으로 더욱 확대될 것으로 예상된다.

이러한 석유 의존적 산업구조에서 탈피하고, 이와 동시에 이산화탄소 배출증가에 따른 환경오염 문제를 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 있다²²⁾.

탄자니아 바이오연료 정책은 아직은 초기단계로 구체적인 정책들이 충분히 마련되지 않았다²³⁾. 그러나 정부의 '바이오연료 T/F'의 보고서, FAO, UNDP 등 국제기구들의 탄자니아 바이오에너지 정책가이드라인을 볼 때, 앞으로 탄자니아 바이오에너지 정책이 한층 탄력을 받을 것으로 예상된다. 이에 따라 바이오연료 생산 확대를 위한 각종 정부 지원과 규제가 다각적으로 마련될 것으로 예상되고 있다.

탄자니아 바이오에너지 정책은 우선적으로 자트로파, 사탕수수, 팜유, 사이잘 등 주요 바이오에너지 작물의 생산 확대에 초점을 맞출 것으로 전망된다. 탄자니아는 이들 작물의 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 식량 작물과 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, 투자 자금의 일부분을 식량작물을 경작하

는데 사용해야 하는 등의 의무조항이 생길 것으로 보인다. 외국인기업 유치를 위한 투자인센티브도 마련될 것으로 보인다. 탄자니아 정부는 바이오에너지의 실질적인 생산 확대를 위해서는 무엇보다도 외국기업과의 협력이 필수적이라고 인식하고 있어, 향후 외국인 투자유치를 위한 정책이 보다 적극적으로 강구될 것으로 예상되고 있다. 현재 탄자니아에는 여러 개의 바이오에너지 생산 프로젝트가 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.

5. 결론

선·후진국을 막론하고 화석연료를 대체할 수 있는 새로운 에너지원 개발이 주요 과제로 추진되고 있다. 국제유가가 2000년대 초반 이후 높은 수준을 유지해 오고 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 각광을 받고 있다.

대체에너지에는 여러 종류가 있을 수 있는데, 바이오에너지가 태양광·풍력 등과 함께 석유를 대체할 수

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

23) '바이오연료 T/F'가 2009년 확정 수립을 목표로 바이오에너지 생산 가이드라인과 대체적인 바이오에너지 산업 육성정책을 작성하고 있지만, 아직 구체적인 정책안은 나오지 않았음.

있는 주요 에너지로 주목을 받고 있다. 바이오에너지는 아프리카 특히, 사하라이남 아프리카 지역에 있어 차세대 에너지원으로서 그 중요성이 강조되고 있다.

아프리카에 있어 바이오에너지 개발의 가장 큰 의의는 심각한 전력난의 해소에 있다. 아프리카는 세계에서 가장 어두운 대륙으로 인구의 절반 이상이 전기를 사용하지 못하는 절대적인 에너지 빈곤상태에 빠져있다. 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. 바이오에너지를 개발하여 이를 이용하게 되면 기존의 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 비현실적 이므로 해당지역에서 에너지를 생산하고 사용하는 바이오에너지 개발이 각광을 받고 있다.

아프리카 바이오에너지 개발의 또 다른 의의는 환경과 보전적인 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 야기시

키고 있다. 또한 과다한 바이오매스 이용에 따른 실내 공기 오염으로 많은 여성과 아동이 호흡기 질환으로 고통을 받고 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, 가공 처리, 수송, 교역 등의 과정을 통해 직, 간접적으로 농촌지역의 소득증대와 일자리 창출과 연결될 수 있다. 브라질은 바이오에탄올과 바이오디젤 등 바이오에너지의 대량 생산과 소비를 통해 화석연료에 대한 의존도를 낮추어 나가고 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 작물재배 면적의 40% 이상을 차지할 것으로 전망되고 있다. 물론, 아프리카의 바이오에너지 산업발전에는 적지 않은 장애요인과 과제가 남아있다. 남아공을 비롯하여 탄자니아, 모잠비크 등의 아프리카 국가들은 다른 어느 개도국에 비해 일찍이 바이오에너지 산업에 관심을 보여 오고 있지만, 나머지 많은 국가들의 경우에는 정부 차원의 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 바이오에너지산업 육성정책이 자리하고 있다. 열악한 인프라도 커다란 걸림돌이다. 아프리카의 열악한 도로사정으로 인해 지역 간 이동이 용이하



지 않고 이에 따라 운송비용이 매우 비싸다. 더욱이 바이오에너지의 수출은 더욱 어렵다. 높은 수송비용 때문에 바이오에너지 생산 업체들은 수지타산을 맞추기 어렵다. 열악한 인프라 사정은 다른 개도국에서도 나타나는 일반적인 현상이지만 아프리카의 경우에는 그 정도가 매우 심각한 수준이다.

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

개발협력(ODA) 측면에서 바이오에너지 개발이 비중 있게 다루어질 필요가 있는데 관련 산업의 동반진출협력을 고려해 볼 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 바이오 연료를 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 식량안보 문제와 관련되는 문제로 광범위한 사용에는 한계가 있을 수밖에 없을 것이다. 이에 따라 최근에는 비식용 바이오매스(2세대 바이오에너

지 원료)를 이용한 바이오에너지 개발의 필요성이 부각되고 있다. 이 중에서 특히 주목할 만한 바이오 작물이 바로 자트로파(Jatropha)이다. 자트로파는 열대 야생지역에서 흔히 발견되는 비식용 작물로 황무지에서 잘 자라며 바이오디젤 원료로서의 매력이 크다. 자트로파는 아프리카의 자연여건상 대량생산이 가능하고 오일함량이 많은 관계로 차세대 바이오에너지 원료로 각광받고 있다. 더욱이 간단한 기계로 농가에서 직접 오일을 짜낼 수 있는 이점도 가지고 있어 향후 아프리카에서 생산 붐이 기대되고 있다. 한편 바이오에너지 개발은 농경지의 감소로 이어질 수 있다는 우려가 제기될 수 있으나, 아프리카의 광활한 유휴 토지를 감안한다면 이 같은 우려는 불식될 수 있을 것이다.

참고 문헌

〈국내 문헌〉

- 강창용 외, 「농업부문 바이오매스의 이용활성화를 위한 정책방향과 전략」, 한국농촌경제연구원, 2006.11
- 미래기획위원회, 「녹색성장의 길」, 중앙 Book, 2009
- 배정환, 바이오연료 시장 확대가 농산물 가격에 미치는 영향, 「에너지포커스」, 에너지경제연구원 2008.2
- 조선일보, 보도자료, 2008.9.6
- 유춘식, 「그린에너지의 이해와 태양광발전시스템」, 연경문화사, 2009
- 이유진 외, 「바이어에너지 희망을 찾아서: 현황과 전망」, 한국지속가능발전센터, 2007

잭 M. 홀랜드, “환경위기의 진실(The real Environmental Crisis),” 「에코리브르」, 2004

한국수출입은행, “아프리카 전력현황 및 향후 전망,” 「해외지역정보」, 2008.12

〈외국 문헌〉

Amigun, B., 2009, “Evaluation of biofuels sustainability: can we keep biofuel appropriate and green?” Biofuel International Conference, Ouagadougou, Burkina Faso, 10–12 November 2009, pp 1–34

Amigun et al., 2008, “Commercialization of Biofuel Industry in Africa: A review,” Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 12, Issue 3, April 2008, pp 690–711

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). World Bank, Washington, DC.

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 & Steenblick, 2007, “Biofuels: Is the cure worse than the disease?”, OECD

EIU, 2009, Country Profile: Nigeria

FAO, 2009, Small-Scale Bioenergy Initiatives

_____, 2009, The state of Food and Agriculture

GTZ, 2005, Liquid Biofuels for Transportation in Tanzania

IEA, 2006, World Energy Outlook

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,” April 10–11, 2008, Rome

Jassen et al., 2009, Bioenergy for Sustainable Development in Africa

Jumbe et al., 2009, Biofuel Development in Sub-Saharan Africa: Are the policies conducive? Energy Policy 37, 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*
- Robert Bacon & 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*
- 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, 2010 May*
- World Bank, 2009, *World Development Indicators*
- _____, 2008, *Low Carbon Energy Projects for Development in Sub-Saharan Africa*