

미국 에너지 시장에 공급되는 바이오에너지에 관한 연구(II)^{*1} - 환경친화적 녹색전기의 마케팅 및 정부지원책에 대하여 -

김 영 숙^{*2†} · Thomas Gorman^{*3}

Biomass Energy in the USA: A Literature Review (II)^{*1} - Marketing and Policies for Green Power Production with Environmental Attributes -

Yeong-Suk Kim^{*2†} · Thomas Gorman^{*3}

요 약

본 연구는 최근 미국 에너지 시장에서 바이오에너지가 차지하는 위치와 공급상황에 대하여 조사 연구되었다. 특히 제 1보에서는 미국에서 실용화되고 있는 목질 바이오매스를 이용한 바이오매스 전기제조기술(직접 연소 발전, 산업체의 폐열발전, 가스터빈과 스팀터빈 연합 발전 및 모듈화된 발전시스템 등), 전기생산 시설 및 공급가의 경제성 등에 대하여 검토하였고, 제 2보에서는 바이오매스 전기에 대한 미국의 정책 및 마케팅전략, 그리고 바이오매스 전기 사용이 가져오는 환경적 경제적 이익 및 발전 장벽(Benefit and Barriers) 등에 대하여 조사 연구되었다.

ABSTRACT

This paper is the second part of a literature review describing the current status of biomass energy use in the USA. The bioenergy technologies that convert biomass resources to a form of energy were presented, in particular focused on existing coal fired boiler, high efficiency gasification combined cycle. We presented latest biomass power energy supply, economic issues such as its production and plant investment cost in the Part I. In the Part II, our review summarized policy and market issues for electricity consumers, benefits from biomass power which could offer an alternative to conventional

*¹ 접수 2004년 11월 23일, 채택 2004년 12월 7일

*² 국민대학교 임산공학과, Dept. of Forest Products, College of Forst Science, Kookmin University, Seoul 136-702

*³ Professor, Department Head, Dept. of Forests, College of Natural Resources, University of Idaho, Moscow, Idaho, USA

† 주저자(corresponding author) : 김영숙(e-mail: yskim@kookmin.ac.kr)

energy sources in the form of environmental, rural economic growth, and national energy security in the USA.

Keywords: energy, bioenergy technology, bioenergy policy, green power (biomass power)

1. 서 언

국제 에너지 기관인 IEA (International Energy Agency) 통계자료에 의하면 2000년도 전 세계 1차 에너지(Total Primary Energy Supply) 총 공급량은 9958 Mtoe이다. 이 중 약 80%는 화석자원으로부터의 오일, 석탄 및 가스 연료, 7%가 핵연료, 13.8%가 재생산성 연료이다. 또한 전세계 전기생산에 소요되는 연료도 화석자원에 기인하는 연료가 총 전력생산의 약 64%이고 재생산성 연료는 19%에 불과하다. 미국의 경우 2000년도에 1차 에너지공급은 2300 Mtoe 중 약 5%만이 재생산성(Renewable)연료에 의존하고 있는 상황이다(International Energy Agency, 2002). 그러나 EIA (Energy Information Administration)의 분석에 따르면 교토의정서에서 채택한 탄소배출제한이 실행화 될 경우 미국에서도 다량의 온실가스배출로 문제가 되고 있는 오일, 석탄 및 가스 등의 화석연료의 가격이 앙등하고 이에 대체되는 환경친화적 대체연료 사용이 불가피하게 증대될 것으로 예측하고 있다. 특히 탄소세의 부과로 2020년에는 미국내 재생산성연료에 의한 전기생산이 3990억에서 5190억 kWh 정도로 증가할 것으로 전망하였다(Aabakken & Short, 2003).

재생산성 연료는 화석연료와 달리 지구환경에 부담을 주지 않으면서 공급이 가능하다는 이점이 있어 지속 가능한 원료공급, 기술, 경제적 문제 등이 해결된다면 환경친화적 대체연료로의 가능성이 크다고 할 수 있다(Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003a.). 전세계적으로 사용되는 재생산성연료는 연소 가능한 연료(CRW, Combustible Renewables and Wastes), 수력(Hydro Power), 지열에너지(Geothermal energy), 태양에너지(Solar energy), 풍력에너지(wind energy), 기타(Tide/wave/Ocean energy)로 분류되는데, OECD국가의 평균 사용실적(2000년)을

보면 CRW 54.8%, 수력 34.4%, 그 밖의 지열, 태양에너지, 풍력 및 기타 10.8%로 CRW 사용이 가장 많은 부분을 차지하고 있다(International Energy Agency, 2002). 여기에서 CRW는 보통 생산지에 가까운 지역에서 사용되거나 전기로 전환하는 에너지로 주로 사용되는데 바이오매스, 도시 및 산업용 폐기물이 이에 포함된다. 미국에너지성(U.S.Department of Energy)은 별도의 재생산성 에너지담당사무국(Office of Energy Efficiency of Renewable Energy)을 두고 바이오매스, 지열, 풍력 및 수력에 대한 연구 및 기술 개발에 많은 프로그램을 운영하고 있다. 그 중에서 바이오매스 자원을 이용한 에너지분야에 최근 19개 과제에 약 2300만 달러를 투자하여 이들의 사용을 넓히고자 하는 노력을 기울이고 있다(Bergman, 2003). 이 외에도 BIN (Biofuel Information Network) (Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003f) 및 Green Power Network (Energy Information Administration, 2002) 등이 가동되면서 환경친화적 대체연료에 대한 정보 및 자료를 대중과 함께 공유하는 시스템을 갖추고 있다.

그러나 이들 재생산성연료에 의한 에너지 생산은 기존의 화석자원에 의한 발전(generation)비용에 비해 높은 생산비용때문에 에너지시장에서 경쟁력이 약한 취약점이 있다. 특히 자유경쟁시장이 발달한 미국의 사회적 환경에서 고비용의 재생산성에너지원의 공급확대에 여러 가지 장벽요소를 많이 지니고 있는 것으로 분석되고 있다(Bain *et. al.*, 1996).

이에 본 연구의 제 2보에서는 바이오매스 전기를 둘러싼 환경적 경제적 이익 및 장벽(Benefit and Barriers), 바이오매스를 포함한 재생산성연료로부터 생산된 녹색전기시장 및 마케팅, 정부지원책과 인센티브 등에 대하여 분석 검토하여 국산 목질바이오매스의 에너지화 정책 및 연구개발에 활용 가능한 기초자료를 만들고자 하였다.

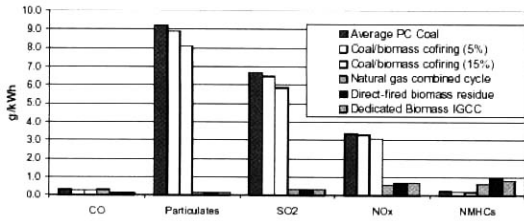


Fig. 1. Life cycle air emissions (Mann & Spath, 2003).

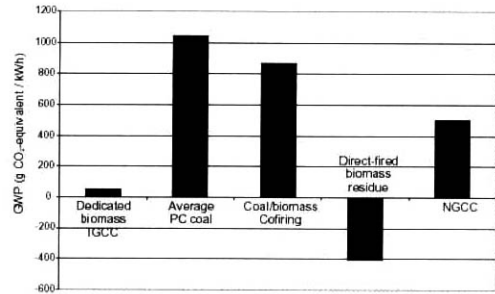


Fig. 2. Life cycle greenhouse gas emissions (Mann & Spath, 2003).

2. 바이오매스 전기 사용의 이익과 장벽(Benefit and Barriers)

2.1. 바이오매스 전기사용의 이익

바이오에너지 산업은 두 가지 측면에서 중요하고 차별화된 기능을 갖는다. 그 하나는 에너지 생산이고, 또 다른 하나는 환경적으로 유익한 효과를 많이 갖는 것이다.

바이오에너지생산은 화석자원으로부터 만들어지는 에너지에 대체되면서 이들로부터 발생하는 많은 유해 현상을 감소시키는 효과를 가지며, 동시에 에너지생산공장에서 발생하는 폐기물질을 피할 수 있다는 것이다. 바이오매스 전기사용이 가져올 수 있는 환경적 이익을 요약하면 다음과 같다.

2.1.1. 온실가스 및 공기중 유해물질의 감소

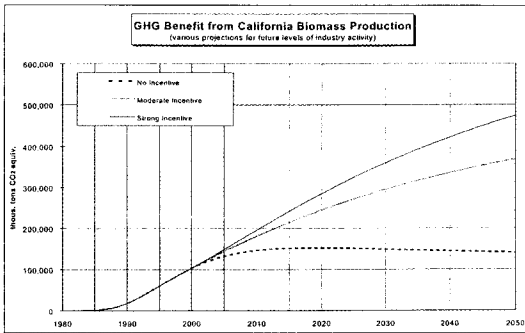
효율적인 바이오매스의 연소는 석탄이나 오일에 비해 매우 적은 양의 아황산가스나 질소산화물을 배출하기 때문에 이들 화석연료의 대체로 바이오매스 에너지를 사용하는 경우 산성비나 스모그의 감소효과가 크다고 알려져 있다.

석탄, 천연가스, 바이오매스 등을 사용해서 전기를 생산하는 경우 발생하는 이산화탄소 및 기타 유해물질을 Fig. 1 및 Fig. 2에 나타낸다. Fig. 1에 나타낸 바와 같이, 전기 1 kwh 생산하는데 배출되는 미세먼지, 아황산 가스, 질소산화물 등은 분쇄된 석탄가루(Pulverized Coal)를 사용해서 발전하는 경우, 천연가스나 바이오매스를 IGCC (Indirect Gasification

Combined Cycle)공정으로 발전했을 때보다 현저히 많은 배출량을 보인다. 특히 석탄에 바이오매스를 5% 또는 15% 혼합하는 Co-firing의 경우 이들 유해물질의 배출량이 어느정도 감소하는 것을 볼 수 있다. 특히 화석자원의 연소에서 발생하는 아황산가스나 질소산화물이 대기 중에서 물과 산소와 반응하면 산성비나 눈 또는 연무 상태로 지구상에 떨어지거나 대기 중에 머물기 때문에 더욱 유해하다.

또한 Fig. 2에 나타낸 바와 같이, 석탄 또는 석탄-바이오매스 Co-firing의 경우 IGCC 공정이나 직접연소시스템(Direct-fired Generating system)에 에너지원으로 경작되는 바이오매스(Dedicated Biomass) 또는 기타 바이오매스를 사용한 경우 온실가스의 주원인이 되는 이산화탄소의 배출량이 현저히 높은 것을 볼 수 있다. 특히 천연가스로 발전(Natural Gas Combined Cycle)하는 경우 석탄발전보다는 낮은 배출량을 나타냈으나 전기 1 kwh를 생산하는데 약 500 g 당량의 이산화탄소를 배출하는 것으로 나타나 역시 바이오매스에 비해 온실가스에 기여가 매우 큰 것으로 나타나 있다.

미국 국립 재생산성에너지연구소 연구보고(Morris, 2000)는 캘리포니아에서 재생산성 에너지 사용에 대한 각종의 인센티브정책을 실행된다고 가정하는 경우 그 효과로 나타나는 바이오매스전기생산의 증가와 함께 온실가스 감소 예상도를 Fig. 3에 나타낸다. Fig. 3에 나타낸 바와 같이 어떤 인센티브정책도 실행되지 않아 바이오매스에너지생산이 1999년의 약 25% 정도 밖에 안되는 생산이 이루어진다고 가정하는 경우, 온실가스 감소 효과는 거의 없으며 약 1억5천만 톤 이산



No Incentive: No incentives for biomass energy production, leaving a residual level of biomass energy production that is approximately 25% of the 1999 level.

Moderate Incentive: This scenario assumes that some form of support is provided for biomass energy production in the long term that is roughly equivalent to Tax Credit for green energy that was available in California (1.5 cent/kWh), with biomass energy production holding at current levels (1999) into the future.

Strong Incentive: This scenario assumes that enough incentives will be available to allow most of the facilities that currently are idle but operable to restart, increasing the biomass energy production by 45% above the 1999 level.

Fig. 3. GHG benefit from California biomass production (Morris, 2000).

화탄소 당량정도를 유지할 것으로 예측했다. 그러나 여러가지 세제혜택 등으로 1999년 수준의 바이오에너지생산을 유지한다면 그로 인한 온실가스 감소는 증가하여 2050년에는 3억7천 5백만 이산화탄소 당량의 수준까지 이를 것이라는 전망이다. 가장 적극적인 인센티브정책이 이루어질 경우, 1999년 수준보다 약 45% 정도 증가된 바이오매스에너지생산량을 보일 것이며 온실가스 발생도 상당한 수준까지 감소할 것이라는 예측을 보이고 있다.

2.1.2. 폐기목재로 인한 이익

폐기목재의 바이오에너지 생산으로 인한 환경적 이익은 바이오매스 잔유물을 이용하는 발전산업체와 공장에 대한 이익으로 분석할 수 있다. 바이오매스 잔유물 발전산업체의 이익은 폐기물을 발전에 이용하므로

서 환경적으로 선호되는 유용한 폐기물 처리가 가능하고, 공공이 갖게 되는 이익은 폐기물의 매립 및 연소폐기량이 감소되므로 온실가스 배출이 감소되어 보다 건강하고 생산적인 임지 및 저수지, 청정공기 등의 이익을 갖게되는 것이다.

예를 들어 미국 바이오매스 전기시설이 가장 많이 밀집되어 있는 캘리포니아주의 경우 바이오매스를 이용한 발전시설을 보유한 기업은 목질 고체쓰레기 폐기처리업체로 생각될 수 있다. 캘리포니아에서는 주로 바이오매스를 이용한 전기생산에 목재가공 공장의 잔존물들과 농업경작폐기물을 이용하는데 이들은 연간 캘리포니아주 전체에서 발생한 쓰레기의 640만 톤의 폐기를 해결해 주고 있다. 만일 이들 쓰레기가 에너지용으로 투입되지 않았다면 그들은 모두 매립되거나 소각되어 보다 많은 환경문제를 야기했을 것이다(Morris, 2000).

2.1.3. 지역 고용창출, 경제기여

바이오매스전기공장 설계 및 위치선정에서 제 1의 결정인자는 연료공급의 특수성이다. 미국 대부분의 바이오매스 전기업체는 농업폐기물이나 산림 잔유물을 연료로 많이 사용하기 때문에 대부분 자원에 의존하는 농촌 또는 산촌지역에 많이 위치하고 있다. 이들 지역사회는 흔히 도시에 비해 열악한 경제성장과 고용의 기회가 낮은 특징을 갖는다. 바이오 에너지 산업체가 그 지역사회에 경쟁력 있는 임금의 새로운 일자리 창출을 가져 왔다. 바이오매스 전기공장의 일자리는 생산용량 1 MW 당 4.9개의 전임일자리가 창출된다. 또한 장기적 고용특성상 지방 또는 지역경제에 안정성과 지속적인 처우개선 등의 장점을 갖는 특징이 있다.

특히 연료원으로서 농작물의 잔유물을 사용하므로서 농업폐기물의 폐기비용절약 및 새로운 대체원료의 수입이 되며 지역사회에 주요 세금납세원이 된다. 특히 전기판매로 인한 세금과, 모든 고용원으로부터의 소득세 등을 고려하면 지역의 사회의 세금원으로도 크게 기여한다.

최근 미국 농촌지역에서 바이오전기산업체에서 약 66,000개의 일자리가 마련되었다. NREL은 2020년까

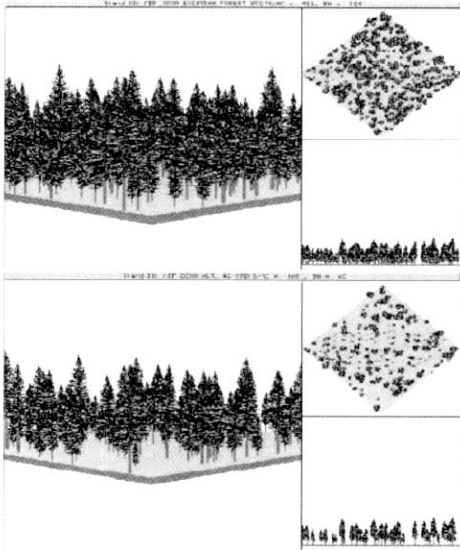


Fig. 4. Example of front range ponderosa pine stand before and after thinning to improve fire resilience (Graham *et al.*, 1998).

지 바이오전기 공장용량이 30,000 MW까지 증설되고 바이오전기의 총연료원 중에서 60% 정도가 에너지용 경작물로 공급된다고 가정한다면 약 260,000개의 일 자리장출이 이루어 질 것이라고 예상하고 있다(National Renewable Energy Laboratory, 2003, Morris, 2000).

2.1.4. 산불방지

Graham 등(Graham *et al.*, 1995, 1998, Temperate Forest Foundation, 2003)은 환경적 사회적 이슈로 되는 산불위험과 에너지문제 등의 해결책으로 미 서부 산림의 간벌 필요성을 강조하였다. 바이오에너지로의 이용이 산불방지의 최선의 방법으로 추천되고 있다. 기존의 목재가공에 투입되는 경우에는 프로세서에 의해 제거된 수관과 잔가지들이 모두 산림 내에 방치될 수밖에 없으므로 산불위험에 더욱 위험성을 더해 주는데 비해, 이들은 산불위험 때문에 산림 내에서 제거되어야 할 큰 가지나 간벌로 채취된 나무 등이 모두 바이오에너지원으로 사용될 수 있기 때문

에 산불의 연료를 제거해 주는 이익이 있다는 것이다. 미국서부의 폰테로사소나무림의 산불방지를 위한 간벌 전후 입상의 예를 Fig. 4에 나타낸다.

2.2. 바이오매스 전기산업 발전의 장벽

USDF의 기금으로 조사된 실제 바이오매스 전기업체 및 프로젝트형 생산시스템을 조사 분석한 결과 상업적인 바이오매스 전기기술의 성공은 폭넓은 긍정적인 요인과 부정적인 요인에 따라 결정되는 것으로 보고되었다. 정책, 법인 정책, 규정, 법률요건, 생산기반 및 기술 분야에서 이런 요인들을 상대적 중요성을 감안하여 서열화한 방식의 예비 분석이 수행되었다(Bain *et al.*, 2003). 그 결과, 바이오매스 전기산업 분야에서 75%의 점수로 긍정적인 인자로 평가된 것과 가장 부정적 인자로 평가된 것을 보면 가장 긍정적으로 평가된 인자 3개는 combustion and co-firing의 기술 숙련도, CHP에 필요한 기업(조직), PURPA와 같은 연방 명령(mandate) 등이었고, 부정적 인자 3개는 연료원재료 공급체계(feed stocks infrastructure), 기존의 전력시장에 나오는 화석연료를 이용한 전력과 비교되는 고비용문제, 새로운 기술 및 변화에 대한 저항성이 큰 기업법인의 정책 등으로 분석되었다.

사실상 바이오매스로부터 전기를 생산하는 비용은 기존의 화석자원과 수력발전으로부터 생산되는 비용에 비해 원천적으로 고가이다.

바이오매스 전기 생산에서 주요 비용구조는 다음과 같다.

	Cent/kWh
Capital Cost	1.4~ 4.5
Fuel Cost	1.0~ 3.5
Operations and Maintenance (O&M)	2.0~ 2.8
<i>Total</i>	4.4~10.8

최근에 설치되는 바이오매스 전기시설 비용(Capital Cost)은 생산용량 1 kWh당 약 \$1600~2300간 소요되며, 1 kWh 생산하는데 2.5~4.5 cents 소요되는 것이 일반적이다.

Table 1. Technology characterizations used for EPA modeling

Component	Industrial Turbine		Advanced Turbine Systems		
	Biomass	Coal	Biomass	Coal	Natural gas
"Low" Technology Specifications					
Heat rate (Btu/kWh)	8,660	8,700	7,579	7,614	6,202
Efficiency (% HHV)	39.4	39.2	45.0	44.8	55.0
Fixed Operating+ Maintenance (\$/kW)	51.25	51.25	39.66	39.66	28.80
Var. Operating+ Maintenance (mils/kWh)	3.15	3.15	2.46	2.46	0.712
Total Capital (\$/kW)	1,230	1,254	1,023	1,047	522.50
"High" Technology Specifications					
Heat rate (Btu/kWh)	9,400	8,700	8,227	7,614	6,202
Efficiency (% HHV)	36.3	39.2	41.5	44.8	55.0
Fixed Operating+ Maintenance (\$/kW)	44.71	36.44	34.60	28.20	28.80
Var. Operating+ Maintenance (mils/kWh)	3.65	2.60	2.85	2.03	0.712
Total Capital (\$/kW)	1,488	1,254	1,243	1,047	522.50

* Ref: Bain *et al*, 1996

Table 2. Average cost of biomass fuel production in california (\$/ton)

Commodity Cost	Wood Processing Residues	In-Forest Residues	Agricultural Residues	Urban Wood Residues
Harvesting/Collection	1.09	21.11	11.11	5.55
Processing	5.55	8.33	7.22	6.67
Transportation	6.67	10.56	8.01	10.83
Total Range	13.33 8-20	40.00 28-50	26.39 18-42	23.06 14-31
Market Price (1999)	25.10	35.86	24.96	22.42

* ton : based on the dried condition

* Ref: Morris, 2000

최근 미국 재생산성에너지실험실에서 석탄 및 천연 가스로 가동하는 전기시설과 바이오매스 전기시설의 비용분석의 예를 Table 1에 나타낸다.

Table 1에 나타난 바와 같이 바이오매스(\$1,488/kWh)를 원재료로 하는 경우 석탄(\$1243/kWh)이나 천연가스(\$522/kWh)에 비해 단위전기량을 생산하는 소요되는 에너지 및 생산비용이 높다. 특히 천연가스를 연료로 사용하는 경우 바이오매스나 석탄의 정도의 비용으로 생산이 가능하여 현재로서는 가장 경쟁

력이 있는 전기생산연료로 꼽히고 있다.

또 다른 고비용의 원천은 바이오매스원자재 비용이다. 미국 캘리포니아에서 종류별 바이오매스 연료비로 소요되는 비용을 Table 2에 나타내었다.

미국에서 바이오매스가 경쟁력을 갖추려면 경쟁하는 연료의 단위전기생산당 연료비수준으로 원재료비가 저렴해야 한다. 미국에서 많은 량의 전기를 공급하는 석탄의 경우 연료비 \$1.40/MBtu 정도로 평가되고 있다. 본 보에서 열거하는 바이오매스 원재료의 경우

단위 에너지 생산에 필요한 연료비용을 이와 유사한 수준으로 맞추기 위해서는 \$20~25/dry ton 정도가 되어야 경제성이 있는 것으로 보고 있다. 미국 전역에서 1999년 현재 바이오매스 전기 공장에 원재료비 \$25/dry ton 미만에 공급될 수 있는 바이오매스 자원은 약 2400만 dry tons으로, 전기 1 MBtu 생산당 \$1.6의 비용이 소요되며, \$35/dry ton 미만에 공급되는 경우에는 바이오매스 전기 1 MBtu당 \$2.20, \$45/dry ton 및 \$55/dry ton의 가격으로 공급되는 경우는 \$2.80/MBtu 및 \$3.40/MBtu의 비용이 소요된다(Bain *et al.*, 2003b). 이 같은 비용은 석탄으로 발전하는 경우의 \$1.40/MBtu에 비하면 상대적으로 매우 고가이므로 바이오매스 전기의 경쟁력이 약화되는 원인이 된다. 캘리포니아의 경우 Table 2에 나타난 바와 같이 산림 벌채 잔유물의 경우에는 \$35.86/dry ton으로 경제성 있는 원자재 가격범위를 초과하고 있다. 그리고 도시에서 수집되는 폐목재 및 산림 벌채 잔유물은 실제로 그것의 활용가능성 및 가격의 평가가 매우 불확실한 반면 임산업체에서 발생하는 목재 폐기물 및 농업 경작폐기물은 비교적 정확한 정보를 예상할 수가 있어 캘리포니아는 미국의 다른 지역에 비해 바이오매스 전기공장이 많이 발달되었다.

3. 재생산성연료의 녹색전기 marketing 전략, 정부지원책, 인센티브

3.1. 녹색전기 마케팅

2002년 미국에서 생산한 녹색 전기는 약 600억 kilowatt hours로 총 전기공급량의 1.6%에 지나지 않는 미미한 양이며 석탄이나 천연가스에 비하면 높은 생산단가로 전기시장의 경쟁력면에서 열악한 위치에 있는 연료로 취급된다. 그러나 미국은 오일과 천연가스와 같은 화석연료의 고갈 예상 및 지속적 가격인상, 기후변화협약에서 탄소배출이행의 현실화 가능성이 높아지는 등 에너지공급환경의 변화에 대비하여 대체 연료에 대한 연구 및 산업화에 노력을 기울이고 있다.

특히 미국은 다양한 재생산성연료 사용을 권장하여 환경친화적에너지 사용을 지향하고 있으며 이들은 전기시장에서 환경보존 에너지 옵션으로 소비자에게 공급되고 있다. 실제로 1990년대 초반부터 미국전기시장에서 재생산성연료에 의한 전기의 판로가 점차 넓어지고 있으며, 최근에는 미국 전기소비자의 50% 정도가 소매전기보급업체로부터 여러 가지 형태의 재생산성연료로부터 생산된 전기상품을 구매할 수 있는 선택권을 가질 수 있는 상황이 되었다(Bird & Swezey, 2003).

본장에서 거론되는 녹색전기는 바이오매스뿐 아니라 풍력, 태양열, 지열, 소규모의 수력발전 등 재생산성연료의 전기를 모두 포함한다.

최근 미국내에서 행해지고 있는 재생산성연료로 생산된 녹색 전기 출시, 소비자의 반응 그리고 최근의 전기업체의 경향 등을 포함한 마케팅활동에 대한 개요는 다음과 같다.

3.1.1. Green Pricing Programs

최근 미국의 33개 주에서 350여 개의 전기회사, 지역 전기협업체 및 공영전기회사가 Green Pricing Programs을 운용하고 있다. Green Pricing Programs은 전기소비자가 전기회사에서 공급하는 전기 중 재생산성연료로 생산하는 전기를 일정비율(10, 25, 50% 또는 100%)로 보통의 전기보다 약간 높은 가격에 구매할 수 있도록 하는 프로그램이다. Green Pricing Programs에는 재생산성연료에서 생산되는 전기, 즉 바이오매스를 비롯한 풍력, 태양열, 지열, 소규모의 수력으로 발전하는 전기가 모두 대상이 된다. 전기공급업체는 이들중의 어떤 것이라도 선택이 가능하며 소비자의 희망에 따라 공급비용을 자유롭게 정할 수 있으며 Green Pricing으로 인한 할증요금은 대개 0.7~17.6 센트/kWh의 범위이며 평균할증금은 2.87 센트/kWh이다(Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003b). Green Pricing Programs을 통하여 공급되는 재생산성연료에 의한 전기 공급량 및 재생산성연료별 공급비용을 Table 3과 4, Fig. 5에 나타낸다(Bird & Swezey, 2003, Etra, 2003). Table 3 및 Fig. 5에 나타난 바와 같이 2000~2003년에 걸쳐

Table 3. Annual sales of green energy through utility green pricing programs

Unit: millions of kWh

	2000	2001	2002
Residential customers	n/a*	332.73	661.3
Nonresidential customers	n/a*	164.4	233.7
All customers	453.7	568.0	895.0

* Ref: Bird & Swezey, 2003

Green Pricing Programs을 통하여 공급되는 전기량은 현저하게 증가하고 있으며 2002년도에는 거주용에 공급되는 전기량이 661.3억 kWh로 전체의 74%를 차지하여 일반 시민의 관심과 참여가 많은 것으로 나타났다. 또한 Green Pricing Programs에 공급되는 전기연료의 종류는 Table 4에서 볼 수 있는 바와 같이 재생산성연료 중에서 풍력이 78.5%로 가장 많았고, 바이오매스는 15.1%로 이 두 가지 연료가 주축을 이루었다. 특히 앞으로 이 프로그램의 도입을 예정하고 있는 기업에서 현재 공급용량의 50% 정도 확대를 계획하고 있어 이 프로그램은 점차로 증가될 것이 예측된다(Bird and Swezey, 2003).

3.1.2. Competitive Green Power Markets

재생산성연료의 녹색전기 마케팅은 다수의 공급자가 다양한 서비스를 제공하는 경쟁시장에서 녹색전기를 판매하는 전략이다. 경쟁시장에 올려지는 전기제품은 일반 전력회사에서 제공되는 것과 다른 점이 있다. 경쟁시장에서는 소비자가 보통 그들이 사용하는 전기량 전체를 녹색전기로 공급받아야 된다는 것과 그들이 제공받는 녹색전기에는 다양한 재생산성연료로 생산된 것들이 혼합되어 있다는 것이다. 경쟁시장에서 구입된 녹색전기상품은 일반적으로 0.5~2.5 센트/kWh의 가격할증이 있다. 가격할증은 정부에서 전기공급자나 판매자에게 지원하는 인센티브여부, 지역 시장에서 이용가능한 재생산성 녹색전기 가격과 같은 여러 가지 조건에 따라 달라진다. 경쟁시장에서 계약한 녹색전기요금은 고정되어 에너지시장의 가격 변동에 영향을 받지 않는 점과 환경보존에 일조한다는 점에서 소비자에게 매력 있는 상품으로 거래되었다. 사

Table 4. New renewables capacity supplying green pricing programs

	kW in Place	%	kW Planned	%
Wind	225,595	78.5	111,290	80.3
Biomass	43,520	15.1	23,892	17.2
Solar	4,153	1.4	1,359	1.0
Geothermal	5,500	1.9	0	0.0
Small Hydro	8,553	3.0	1,975	1.4
Total	287,321	100.0	138,516	100.0

• Ref: Bird & Swezey, 2003

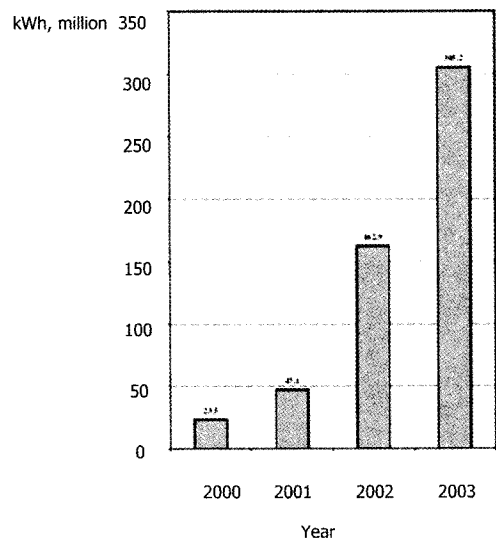


Fig. 5. Estimated annual kilowatt hours (kWh) green power sold by Pacific Northwest green power pricing programs* (Ref.: Etra, 2003).

(*RNP does not have access to month-by-month data for utility green power sales. The data reported here is a snapshot of utility sales for the calendar year. The estimates in this graph for 2003 were calculated by multiplying each utility's reported monthly sales for May/June 2003 by twelve and summing the results. Estimates for Previous years were taken from last year's report. Total for 2003 includes PacifiCorp's Pregon and Washington sales only.)

실상 녹색전력 마케팅 출현으로 지난 몇 년 동안 미국 내 1/3의 전기시장이 재구성되었고, 2002년 말에 녹색전기구매 계약자는 약 15만명 정도로 집계되었다. 녹색전기기시장이 미국 내에서 가장 크고 이 제도가 제일 먼저 도입되었던 California의 경우, 1998년과

1999년 사이에 소비자 증가가 폭발적으로 증가하여 전체 전기소비자의 1.5%가 녹색전기를 선택하였다. 그러나 인산되는 전기시장의 도매값과 고정된 녹색전기 가격의 차가 커지면서 전기공급시장의 불균형으로 2001년 2월 주지사가 전기시장의 소매경쟁을 금지하는 법안에 서명하면서 녹색전기공급자가 위축되어 소비자가 감소되는 일이 있었다. 2003년 현재 전기소매 경쟁시장에서 녹색전기가 거래되는 주는 Maine, Maryland, Massachusetts, New Jersey, New York, Texas, Virginia주 등 미국의 북동부지역으로 집중되는 경향을 보이고 있다(Bird & Swezey, 2003, U.S. Department of Energy, 2003, Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003d).

3.1.3. Renewable Energy Certificates (RECs) Markets

미국 내에서 재생산성에너지인증(RECs)은 green tags 또는 Tradeable Renewable Certificates (TRCs)로도 불리우는 것으로 기업이 기업활동으로 발생하는 환경오염을 감소시키기 위하여 구입할 수 있는 일종의 재생산성에너지 상품이다. 실제적으로 모든 재생산성에너지인증은 새로운 재생산성 발전(發電)프로젝트에서 생산되는 전기가 대상이 되며 이는 주 법률에 근거하여 주정부가 발행한다(Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003d). 재생산성 에너지인증은 연방공공전기규정정책법령(PURPA)에서 시행하는 녹색전기의 한계가격제도와 별개로 주정부 정책에 따라 시행되는 제도이다. 많은 재생산성에너지인증들은 모두 재생산성연료를 이용하기 때문에 Center of Resource Solutions (CRS)에서 발행되는 *Green-e* 인증에도 적격이다. 또한 녹색전기공급업체로부터 전기를 구매하지 않더라도 일반 전기공급업체로부터 전국 어디에서나 구매할 수 있는 상품으로 재생산성에너지인증은 그 자체가 환경친화적 속성을 지니므로 구매를 통하여 온실가스 감축을 실현한다든지 미래의 환경보존에 적극적으로 참여한다는 이미지를 갖게 하므로써 개인이나 기업체에게 많은 이익을 줄 수 있다는 것이다(World Resources Institute, 2003).

미국에서 약 20개의 전기보급업체가 개인 전기소비

자에게 재생산성에너지인증을 판매하였다. 재생산성 에너지인증의 소매가격은 약 1~2.5 센트/kWh로 많은 인증을 구매하는 경우에는 가격조정이 가능하다.

이 외에도 세계자원연구소(World Resources Institute, WRI)를 중심으로 한 미국 굴지의 기업(IBM, General Motors, Alcoa Inc., Cargill Dow LLC, Delphi Corporation, DuPont, Interface, Johnson & Johnson, Kinko's Inc., Pitney Bowes, Staples)들이 Green Power Market Development Group을 형성하고, 2003년 9월 이들이 새로운 녹색전기프로젝트로부터 연간 112 MW의 전기 및 RECs 구매를 이행하고 있다. 이들의 녹색전기 매매는 24개주 290여개의 시설에서 행해지고 있는데 이들의 구매를 통해서 연간 4,320 만톤(8600만 그루의 나무가 1년간 흡수할 수 있는 CO₂량)의 이산화탄소 감축효과를 가져오는 규모이다. 이외에도 The Coca Cola Company, Nike, Lowe's Home Improvement, West Linn Paper Company, The Tower Companies, White Wave, Inc. 등의 기업체들도 RECs 구매를 통하여 그들의 기업활동에서 배출되는 온실가스배출량을 감소시키고 기업의 환경친화적 이미지제고에 노력하고 있다(<http://www.thegreenpowergroup.org>, World Resources Institute 2003).

3.2. 녹색전기생산을 위한 정부지원책 및 인센티브

미국정부의 정책은 에너지 안보와 환경과 같은 에너지 전략을 발전시키는데 중점을 두어왔다. 특히 바이오에너지 및 재생산성 에너지의 경우에 에너지시장에서 재생산성자원의 사용을 발전시키고 재생산성에너지의 이익을 인식시키는데 다양한 정책들이 도구로 이용되어 왔다. 특히 이러한 목적을 달성하기 위한 재생산성에너지에 대한 연구, 개발, 신기술의 실연, 재정적 인센티브, 조정 명령이나 지령 등에 대한 많은 정책이 쓰여져 왔다. 정부정책들은 비경제적 이익들을 경제적재화가치로 전환하는 일종의 수단이다. 이러한 정책의 목적들은 고비용과 장기간의 개발 기간 때문에 산업에서 투자되지 못하는 연구, 개발 및 신기

술의 실연 등을 지원하므로써 달성될 수 있다. 정부는 정책을 통하여 재생산성에너지기술을 소개하여 시장 침투를 촉진하기 위하여 경제적으로 경쟁력 있는 기술에 대하여 부가적 세금감면이나 신기술에 대한 세금감면혜택을 부여하는 등의 인센티브를 마련할 수 있다. 또한 정부는 시장경제에 우선하여 규정제정을 통하여 재생산성에너지나 제품의 사용을 명령할 수 있다.

1) 연구 개발에 대한 투자(RD&D, Research, Development, and Demonstration/Deployment): 바이오매스를 이용한 전기, 난방, 연료 및 화학물질제조기술에 대한 연구개발은 일찌기 1970대 이래 미국 정부 프로그램의 하나로 실행되어왔다. 그후 1977년에 에너지성(USDOE)이 신설되면서 모든 에너지연구개발 활동이 합병되어 그 기관에서 관할하게 되었다. 그 후에 바이오매스나 바이오에너지 연구자금은 모든 에너지 관련 연구개발예산 중의 하나로 배정 받게 되었다. 그때 당시의 에너지연구개발비의 1/3에서 1/4은 핵에너지 개발에 집중투입되었으나 1998년 현재에는 재생산성에너지연구개발에 투자하는 예산은 전체 예산의 약 25% 정도인 4억5천만 달러이다(Bain *et al.*, 2003). Fig. 6에 미국에너지성에서 재생산성 에너지 연구 개발에 투자하는 예산의 연도별 추이를 나타낸다. 미국에서 연구개발하는 재생산성에너지에는 풍력 전기, 광기전성에너지, 태양에너지, 지열에너지, 수력발전 및 바이오매스 및 바이오에너지 등이 있다. Fig. 6에 나타난 바와 같이 바이오매스 및 바이오에너지 연구에 배정된 예산은 1990년 이후에 점진적으로 증가하여 1998년도에는 전체에너지투자비의 12%에 달하는 약 1억2천만 달러였다.

이 외에도 바이오에너지의 연구개발에 대한 재정지원은 미국농림성(USDA, U.S. Dept. of Agriculture), 미국국립과학재단(NSF, National Science Foundation), 환경보호관리청(EPA, Environmental Protection Agency) 및 상무성(USDC, U.S. Dept. of Commerce) 등 다양한 정부기관을 통하여 지원되고 있다. Fig. 6에 나타난 미국에너지성의 예산을 포함하여 1998년 회계년도에 바이오에너지 및 바이오 제품에 지원한 총 금액은 2억5천3백만 달러였다. 그 중에서 1억 5천3백만 달러는 바이오에너지에 투입되었다.

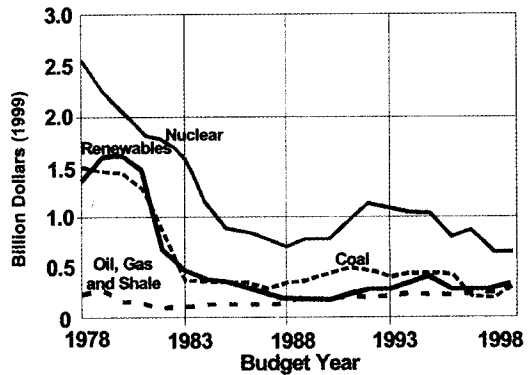


Fig. 6. United States appropriations for renewables R&D 1978~1998 (Bain, *et al.*, 2003).

그 후 2000년도에는 바이오에너지에만 2억3천만 달러를 에너지성과 농림성 프로그램을 통해 지원하였다. 이 같은 지원은 2001년도에도 증가된 금액으로 배정되어 점차 바이오에너지에 대한 각 분야의 지원이 증가되는 추세이다.

2) 공공전기규정정책법령(PURPA, Public Utilities Regulatory Policy Act): PURPA는 재생산성에너지원을 이용한 전기산업을 육성하는 미국에너지법령 중 가장 중요한 부분이었다. 미 연방 정부는 1970년대 에너지과동이 있을 후, 1978년 국가에너지 법의 일부로 공공전기규정정책법령을 제정하여 에너지자원의 효율적이용과 보존, 그리고 오일이나 천연가스의 비효율적인 연료대신에 대체 가능한 에너지 공급개발을 촉진하는 정책을 시행하여야 했다. 그 결과로 목재산업체에서 사용하는 에너지의 70%를 자체발전(發電)으로 대체하게 되었고 그 생산용량이 1978년 당시 200 MW에서 현재 7500 MW로 증가하였다. 이러한 바이오매스 전기생산의 발전은 PURPA제정 이후 연방세 제정 및 주전력규정법안 등의 영향이 컸다.

PURPA는 재생산성연료를 이용하는 PURPA의 인증회사(QFs, Qualifying facilities: 80 MW 미만의 영세한 전기회사나 폐열발전(Co-generation)을 이용하는 비전기회사)의 대체에너지 생산활동을 지속시키기 위하여 일반 전기회사들로 하여금 재생산성 연료로 생산한 업체에서 그들이 소비자에게 판매하여야 하는 한계가격(avoided cost)에 구매하도록 하는 내

용을 포함하고 있다. 1995년 전기도매업자들이 전력 회사로 붙어 구입하는 전기료는 미국전역 평균 3.53 센트/kwh였으나 이들 도매업자가 PURPA 인증회사로부터 구매하는 재생산성자원으로부터의 전기료는 6.31 센트/kwh로 상당히 높은 가격으로 재생산성자원으로부터의 에너지를 구매하도록 하는 제도이다. 이 법안은 실제로 재생산성연료를 사용하는 전기회사에게 상당히 고무적인 정책으로 이들기업이 전기공급 네트워크에 연결이 가능하게 하였다(Overend & Bain, 2003, Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003e). 실제로 1998년 PURPA의 인증회사 중에서 2/3가 바이오매스를 이용한 에너지이용회사였다. (Bain et al., 2003)

3) Tax incentives (PTC, Federal Production Tax Credit): 공공에게 이익을 주는 기업활동을 촉진하기 위하여 사용하는 세제혜택은 가장 효과적인 정책도구 중의 하나이다. 특히 생산세제혜택은 미국에서 지난 십 수년간 재생산성연료를 이용하여 생산하는 전기에너지분야에 지대한 영향을 주었다고 할 수 있다. 이 제도하에서 1.8 센트/kWh의 세제 혜택은 1992년 Energy Policy Act에서 제정되었으나 1999년에는 1.5 센트/kWh로 인하여 2001년 12월 31일로 만료되었다. 그러나 대체에너지산업의 부양을 위해 2002년 3월 경제부양정책[Economic Stimulus Package (H.R. 3090)]의 형태로 동일수준의 혜택이 2003년까지 지속되어왔다. 그러나 바이오매스의 경우 연료를 목적으로 재배된 임산물이나 농작물(closed loop)에 한정하기 때문에 그 외의 바이오매스를 원료로 하는 전기업체는 이러한 세제혜택을 받지 못하고 있는 상황이다. 이에 바이오매스 전기생산공장이 미국내에서 가장 많은 California에서는 많은 기업이 가동이 중단된 상황이다(Morris, 2000). 이러한 상황을 배경으로 미국 상하원협의회의에서는 세제혜택의 확대 및 지속적인 실시 등의 부양책 시행여부에 대해 많이 논의되고 있는 상황이다(<http://www.thegreenpowergroup.org>).

4) 오염물질 배출권시장(Emissions markets and inventories): 1990년 미국 연방정부에서는 Clean Air Act amendments에서 산성비프로그램이 설립되어 1995년부터 SO₂와 NO_x 거래시장이 형성되었다. 그러

나 아직 온실가스의 주범인 이산화탄소에 대한 거래 시장은 형성되지 않아서 이들 시장만으로는 환경적으로 유익한 방향으로 에너지산업을 유도하지 못하고 있다. 특히 환경적으로 많은 유익한 여건을 갖추고 있는 재생산성에너지생산에 크게 영향을 주지 못했다. 미국의 이들 온실가스배출에 대한 정책목표가 진정한 환경보존적 접근보다는 경제적인 접근에 더 부합되어 있어 적극적인 오염물질의 배출 감소를 자극하지 못하는 것으로 평가되고 있다. 그러나 Massachusetts나, New Hampshire주와 같이 주정부 차원에서 이산화탄소를 포함한 온실가스의 오염을 규제하는 법령이 통과되어 녹색전기와 같은 환경친화적 에너지 사용이 일부 지방에서부터 움직이는 상황인 것으로 판단된다(<http://www.thegreenpowergroup.org/policy.html>).

5) 기타 녹색전기 부양정책

연방정부의 대체에너지 정책과 함께 미국의 각 주는 각기 차이가 있는 정책이 시행되고 있다. 일부 주에서는 재생산성에너지생산에 적극적인 정책을 시행하고 있는가 하면 그렇지 않은 주가 있다.

USDE산하 서부지역전기관리청은 재생산성전기사용을 증가시키기 위하여 미연방 에너지관리프로그램(Federal Energy Management Program, FEMP)과 공동협조로 녹색전기프로그램을 통하여 미서부 15개 주(Montana, Wyoming, Utah, Colorado, Arizona, California, Nevada, New Mexico, Iowa, Nebraska, North Dakota, South Dakota, Idaho, Minnesota) 지역에 있는 연방기관에 녹색전기 및 Green tags (재생산성에너지인증)를 공급하기로 했다. 이 프로그램은 서부지역전기관리청 관리하에 있는 연방기관들이 사용하는 모든 전기 또는 일부를 녹색전기로 전환하거나 Green tags를 구매하도록 하는 프로그램이다(Federal Energy Management Program, 2003).

Connecticut주에서는 2003년 6월 주전기재구성법안(The state's Electric Restructuring Act)을 통과시키고 일반 전기공급업체가 반드시 녹색전기를 화석연료 또는 수력발전에 의한 전기와 함께 공급하도록 하였다. 이 주에서는 재생산성에너지 사용기준(The state's Renewable Portfolio Standard)을 10%로 정

하고 소매전기공급량의 10%를 재생산성에너지, 즉 녹색전기로 공급하도록 하는 정책이다. Connecticut 주에서는 또한 에너지 보존과 청정에너지기금으로 년매년 1억 9백만 달러를 조성하고 있다.

이 밖에도 Montana, New Mexico, Iowa, Minnesota, Oregon, Vermont, Washington주에서 이와 유사한 정책이 시행되고 있다. 특히 New Mexico는 신법령에서 2006년까지 총공급에너지의 5%, 2011년까지 10%를 녹색전기를 공급토록하는 내용이 포함되어 있다. New Jersey주에서는 재생산성에너지 발달과 사용 촉진을 목표로 뉴저지 공공전기위원회(New Jersey Board of Public Utilities)를 설치하고 전기소비자들이 녹색전기를 선택하도록 유도하는 프로그램 및 재생산성에너지 공급기준(The state's Renewable Portfolio Standard)을 2008년까지 4%, 2020년까지는 20%로 상승시키는 법안을 검토하고 있다 (Energy Efficiency and Renewable Energy, 2003e, Oregon Department of Energy, 2003).

4. 결 론

미국의 바이오매스 전기를 둘러싼 환경적 경제적 이익 및 장벽(Benefit and Barriers), 바이오매스를 포함한 재생산성연료로부터 생산된 녹색전기시장 및 마케팅, 정부지원책과 인센티브 등에 대하여 조사 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

1) 미국에서의 바이오에너지 산업은 에너지 생산에 대한 기여와 환경적으로 유익한 효과를 가져오는 차별화된 기능을 갖는 것으로 밝혀졌다. 특히 바이오에너지생산은 화석자원으로부터 만들어지는 에너지에 대체되면서 이들로부터 발생하는 많은 유해현상을 감소시키는 효과를 가지며, 동시에 에너지생산공장에서 발생하는 폐기문제를 피할 수 있다는 것이다. 온실가스 및 공기중 유해물질의 감소로 인한 산성비나 스모그의 감소효과가 크고, 폐기목재의 바이오에너지 생산으로 인한 폐기물의 매립 및 연소폐기량이 감소되므로써 온실가스 배출이 감소되어 보다 건강하고 생산적인 임지 및 저수지, 청정공기 등의 이익을 갖게 된다는 것이다.

또한, 바이오에너지 산업체가 지역 고용창출 및 경제에 기여할 수 있으며, 연료원으로 농작물의 잔유물을 사용하므로써 농업폐기물의 폐기비용절약 및 새로운 대체원료의 수입이 되며 지역사회에 주요 세금 납세원이 되므로 지역사회의 세입원으로도 크게 기여할 수 있는 것으로 조사되었다.

또한 미국 산림에 방치되어있는 벌채 잔유물을 바이오에너지 원료로 사용하므로써 산불방지에 크게 도움을 주는 이익을 갖는 것으로 밝혀졌다.

2) 바이오매스 전기산업 발전의 장벽으로는 연료원 재료 공급체계(feed stocks infra structure), 기존의 전력시장에 나오는 화석연료를 이용한 전력과 비교되는 고비용 문제, 새로운 기술 및 변화에 대한 저항성이 큰 기업법인체의 정책 등으로 분석되었다. 특히 석탄 및 천연가스로 가동하는 전기시설과 바이오매스 전기시설의 비용분석 결과 바이오매스(\$1,488/kWh)를 원재료로 하는 경우 석탄(\$1243/kWh)이나 천연가스(\$522/kWh)에 비해 단위전기량을 생산하는 소요되는 에너지 및 생산비용이 높아 경쟁력이 떨어지는 것으로 조사되었다.

3) 최근 미국내에서 행해지고 있는 재생산성연료의 녹색 전기 marketing 전략은 Green Pricing Programs, Competitive Green Power Markets 및 재생산성에너지인증(RECs) 등으로 요약되었다. Green Pricing Programs은 전기소비자가 전기회사에서 공급하는 전기중 재생산성연료로 생산하는 전기를 일정 비율(10, 25, 50% 또는 100%)로 보통의 전기보다 약간 높은 가격에 구매할 수 있도록 하는 프로그램으로 33개주, 350개의 전기회사 및 지역 전기협업체가 참여하고 있다. Competitive Green Power Markets은 다수의 공급자가 다양한 서비스를 제공하는 경쟁시장에서 녹색전기를 판매하는 전략으로, 2002년 말에 녹색전기구매 계약자는 약 15만명 정도이며, 2003년 현재 전기소매경쟁시장에서 녹색전기가 거래되는 주는 Maine, Maryland, Massachusetts, New Jersey, New York, Texas, Virginia주 등 미국의 북동부지역으로 집중되어 있는 것으로 조사되었다. Renewable Energy Certificates (RECs) Markets는 재생산성에너지인증 시장으로 기업이 기업활동으로 발생하는 환

경오염을 감소시키기 위하여 구입할 수 있는 일종의 재생산성에너지 상품이다. 실제적으로 모든 재생산성 에너지인증은 새로운 재생산성 발전(發電)프로젝트에서 생산되는 전기가 대상이 되며 이는 주 법률에 근거하여 주정부가 발행하는데 REC는 그 자체가 환경친화적 속성을 지니므로 구매를 통하여 온실가스 감축을 실현한다든지 미래의 환경보존에 적극적으로 참여한다는 이미지를 갖게 하므로서 개인이나 기업체에 게 호감을 주는 마케팅전략으로 알려져 있다.

4) 미국정부는 자국의 에너지 안보 및 환경보존을 위하여 재생산성에너지 및 바이오 에너지에 대한 정부지원 및 인센티브 부여정책을 발달시켜 왔다. 특히 이들 분야가 고비용 및 장기간의 개발 기간때문에 산업체에서 투자하지 못하는 연구 개발(RD&D) 및 신기술의 실연 등에 정부가 지원하고, 재생산성에너지 기술을 시장에 침투시키기 위하여 경쟁력 있는 기술에 대하여 부가적 세금감면이나 신기술에 대한 세금감면혜택을 부여하는 등의 인센티브를 마련해 왔다. 또한 미국정부는 시장경제에 우선하여 규정책정을 통하여 재생산성에너지나 제품의 사용을 명령할 수 있는 제도가 마련되어 있다. 공공전기규정정책법령(PURPA), 오염물질 배출권시장 및 기타 녹색전기 부양정책과 같은 적극적인 재생산성 전기산업의 육성법령은 실제로 재생산성연료를 사용하는 전기회사에게 상당히 고무적인 정책으로 이들 기업이 전기공급 네트워크에 연결이 가능하게 하였다.

참 고 문 헌

1. 김영숙. 2004. 미국 에너지 시장에 공급되는 바이오에너지에 관한 연구(I)-바이오메스 전기 생산 및 제조 기술에 대하여-. 산림과학. 제16집, 71~88.
2. Aabakken J. and W. Short, 2003. Domestic Energy Scenarios, NREL/TP-620-32742.
3. Bain, R. L., R. P. Overend, and K. R. Craig. 1996. Biomass-fired Power generation, Conference Paper: "Biomass Usage for Utility and Industrial Power, Engineering Foundation, NY, NY.
4. Bain, Richard. L., Wade A. Amos, Mark Downing and Robert L. Perlack. 2003. Highlights of the Biopower Technical Assessment, State of the In-

- dustry and the technology, NREL/TP-510-33502.
5. Bain, Richard. L., Wade A. Amos, Mark Downing and Robert L. Perlack. 2003. Highlights of the Biopower Technical Assessment, State of the Industry and the technology, NREL/TP-510-33502.
6. Bergman, R. 2003. Small Timber products and Markets Outlook: A Focus on Wood Energy, Forest Products Laboratory, Forest Service. <http://www.fpl.fs.fed.us>.
7. Bird, Lori and Blair Swezey. 2003. Green Power Marketing in the United States: A Status Report (6th), NREL/TP-620-35119.
8. Bird, Lori and Blair Swezey. 2003. Estimates of Renewable Energy Capacity Serving Green Power Markets in the United States: National Renewable Energy Laboratory, <http://www.eere.energy.gov>.
9. Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003a. Renewable Energy Technologies, <http://www.eere.energy.gov>.
10. Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003b. Utilities Offering Green Pricing Programs, <http://www.eere.energy.gov>.
11. Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003c. Green Power Network, <http://www.eere.energy.gov>.
12. Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003d. Competitive Electricity Markets, <http://www.eere.energy.gov>.
13. Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003e. Green Power Policies, <http://www.eere.energy.gov>.
14. Energy Efficiency and Renewable Energy. 2003f. Bioenergy Feedstock Development Program, <http://www.eere.energy.gov>.
15. Energy Information Administration. 2002. *Annual Energy Outlook 2002*, DOE/EIA-0383.
16. Etra, Daniel. 2003. Powerful Choices IV: A Survey of Retail Green Power Programs in the Pacific Northwest, Renewable Northwest Project, <http://www.RNP.org>.
17. Etra, Daniel. 2003. Powerful Choices IV: A Survey of Retail Green Power Programs in the Pacific Northwest, Renewable Northwest Project, <http://www.RNP.org>.

18. Fedetal Energy Management Program. 2003. Western Area Power Adminostraton Unveils Federal Green Power Purchasing Program, FEMP News and Events, Nov. 11.
19. Graham, R. L. and M. E. Walsh. 1995. Evaluating the Economic Costs, Benefits and Traeoffs of Dedicated Biomass Energy Systems: The Importance of Scale, The Proceedings, Second Biomass Conference of the Americas: Energy, Environment, Agriculture, and Industry, 207~215, National Renewable Energy Laboratory.
20. Graham, R. L., D. D. Huff, M. R. Kaufmann, W. D. Shepperd, and J. Sheehan. 1998. Bioevergy and Watershed Restoration in the Mountainous regions of the West:What are the Environmental/Community Issues?, Bioenergy '98, Expanding Bioenergy Partnerships, Environmental Sciences Division Oak Ridge National Laboratory <http://www.thegreenpowergroup.org>.
21. International Energy Agency. 2002. Renewable in Gloval Energy Supply, <http://www.iea.org>.
22. Mann Margaret K. and Pamela L. Spath. 2003. A Comparison of the Environmental Consequences of Power from Biomass, Coal and Natural gas, Natinal Renewable energy Laboratory.
23. Morris, G. 2000. Biomass Energy Production Inb California: The Case for a Biomass Policy Initiative: Final Report, NREL/SR-570-28805, National Renewable Energy Laboratory.
24. National Renewable Energy Laboratory. 2003. Biomass Power Research.
25. Oregon Department of Energy, 2003. Oregon Incentives, <http://www.energy.state.or.us>.
26. Overend, Ralph P. and Richard L. Bain. 2003. Technical Support of the U.S. DOE Biomass Power Program in the Development of Biomass to Electricity technology, 210th ACS Meeting Fuel Division Paper, National Renewable Energy Laboratory.
27. Temperate Forest Foundation. 2003. Biomass for Energy and Forest Fuel Reduction, Eco-Link Vol. 13, No.3, Temperate Forest Foundation.
28. U.S. Department of Energy. 2003. <http://www.eere.energy.gov>.
29. World Resources Institute. 2003. Renewable Energy Certificates: An Attractive Means for Corporate Customers to Purchase Renewable Energy, <http://www.wri.org>.