

바이오매스 이용의 사회적 평가

정만철* · 강충관** · 박민수**

Evaluation of the Social Effects of the Biomass Use

Jung, Man-Chul · Kang, Choong-Kwan · Park, Min-Soo

Recently, many researches on the biomass of the agricultural and livestock wastes are being conducted in several respects. The use of biomass is of benefit to the curtailment of oil import, environmental pollution decrease, global warming mitigation and so on. And, in the agricultural sphere, making use of agricultural by-products can contribute to the revitalization of the agricultural industry and rural community. In other words, making new products or energy by using biomass have a possibility to be developed as a new industry. The industry can create new businesses and job opportunities for rural dwellers. Also, major 3 positive effects of market formation for the agricultural wastes, increase of the idle land use and creation of the new business are expected. However, the use of biomass may be difficult to secure a proper right as a market good in the autonomic market economy. It is necessary to establish or amend related laws or systematic tools for the revitalization of the biomass use. Also, it is required for the government to bear partial costs of the facilities and others in the beginning stage.

Key words : biomass, energy, agricultural wastes

I. 서론

20세기 석유문명의 발달로 인간은 물질적 풍요와 편리함을 누릴 수 있게 되었다. 하지만 화석연료는 그 자체의 유한성과 생산의 지역성으로 수급조절에 어려움을 겪고 있으며, 특히 이들 자원의 해외의존도가 절대적으로 높은 우리나라의 경우 국제 원유가격의 변동에 따라 산업 전체가 영향을 받을 수밖에 없다. 최근 이라크 전쟁에 따른 중동사정 악화와 미

* 대표저자, 농촌진흥청 농업경영담당관실

** 농촌진흥청 농업경영담당관실

국의 가솔린 재고 부족으로 인한 국제유가의 급등으로 세계의 경제가 흔들리고 있는 것만 보아도 이러한 에너지 자원의 안정적 확보가 얼마나 중요한 일인가 알 수 있다.

또한 이러한 화석연료의 소비과정에서 발생하는 이산화탄소(CO₂)의 양은 이미 자연제어 능력을 넘어 지구온난화 등 지구규모의 심각한 환경문제를 일으키는 주요 원인이 되고 있다. 최근 이러한 환경문제에 대한 관심이 높아지면서 환경관련 산업은 타 산업에 비해 비약적으로 발전하고 있으며, 친환경 상품의 개발 및 판매는 이미 기업의 중요한 경영전략 또는 목표가 되고 있다. 국제 교역에 있어서도 그린라운드 등과 같은 환경 관련 요소들이 국제무역의 커다란 장벽이 되고 있는 실정이다.

이러한 가운데 에너지자원의 안정적 확보와 환경문제의 해결이라는 두 가지 명제를 동시에 해결할 수 있는 대안으로 주목받고 있는 것이 바이오매스의 이용이다. 또한 바이오매스의 에너지 및 상품화는 화석연료의 대체자원으로서의 기대와 더불어 지구온난화 등의 환경문제 방지, 더 나아가서는 순환형 지역사회의 구축이라는 점들에 대해 주목을 받고 있다. 1970년대 후반의 제2차 오일쇼크 이후 선진국들 사이에서는 화석연료에 대체할 수 있는 에너지 개발을 목표로 다양한 유기물 자원, 즉 바이오매스의 이용에 관한 기술개발 및 상용화 연구를 활발하게 추진해 오고 있다.²⁾ 하지만 바이오매스의 이용에 대한 사회·경제학적 연구의 접근은 거의 이루어지고 있지 않아 앞으로는 이용기술 연구와 더불어 이 분야에 대한 연구도 같이 병행해 나아가야 할 것이다.

본 연구에서는 바이오매스의 이용기술적인 측면보다는 바이오매스 이용에 관한 사회적 기대와 이용을 활성화하기 위한 과제 등에 대해 살펴보고자 한다. 또한 바이오매스의 이용을 적극적으로 추진하고 있는 일본과 미국의 사례를 검토해 봄으로써 앞으로의 바이오매스 이용의 방향을 제시해 보고자 한다.

II. 바이오매스의 개념 및 분류

1. 바이오매스의 개념

바이오매스의 정의에 대해서는 학계와 산업계, 즉 학문적인 관점과 산업적인 관점에 따라 차이가 있으며, 우리나라에서는 아직 일반화 되어있지 않은 생소한 용어라 할 수 있다.

우선 학문적 관점, 그 중에서도 특히 생태학에서 말하는 바이오매스는 “생물현존량(생물

2) 우리나라의 경우도 1970년대 새마을운동의 보급과 함께 농촌의 가정용 연료 확보를 위해 인·축분을 이용한 바이오가스의 연료화가 추진되었으나, 계절에 따른 가스 생산의 안정성 및 안전성 등 기술적인 문제로 폭넓게 보급되어지지는 않았다. 현재 축산분뇨, 음식물쓰레기, 농림산물 잔사 등을 이용한 퇴비 및 사료생산 등이 이루어지고 있지만 에너지자원으로서의 이용은 매우 미흡한 실정이다.

의 활동에 의해 생성된 생물체를 물량 환산한 것”을 의미하며, 일반적인 살아 있는 동식물·미생물 등의 생물자원의 유기물량(보통 건조중량 또는 탄소량으로 표시)을 일컫는다. 따라서 생태학적 의미에서는 주로 식물(특히 나무)의 줄기, 뿌리, 잎 등을 대표적인 바이오매스로 보며, 축산분뇨, 폐목 등과 같이 생명이 없는 유기계폐기물들은 바이오매스가 아닌 것으로 구분하기도 한다.

이와는 달리 바이오매스의 에너지·자원화를 추진하고 있는 산업계에서는 모든 동식물·미생물 등의 생물자원뿐만 아니라 유기계폐기물 또한 중요한 바이오매스로 보는 것이 일반적이다.

본고에서는 바이오매스의 개념을 산업계에서와 마찬가지로 “에너지 또는 제품의 소재로 이용될 수 있는 생물 유래의 재생 가능한 모든 유기성 자원”으로 보고 있다. 이러한 바이오매스는 식물이 태양광선을 이용하여 광합성을 통해 생성한 유기물로 화석자원과는 달리 생명과 태양이 존재하는 한 지속적으로 생산·재생 가능하고 고갈되지 않는 자원이라 할 수 있다.

〈표 1〉 발생유형별 바이오매스의 분류

발생 유형		분 류		
폐기물계	도시·생활형 폐기물	음식물쓰레기(가정, 음식점 등), 식품잔사(가공), 폐식용유 등		
		하수오니 및 유기배수오니, 펄프 폐액 등		
		건설폐목재, 조경수 전정가지 등		
	농업·농촌형 폐기물	농업폐기물	왕겨, 벧짚, 농산물잔사, 바가스(bagasse) 등	
		축산폐기물	축산분뇨, 가공잔사 등	
		임업폐기물	각목 등 가공목재의 토막, 톱밥, 나무껍질 등	
미이용 자원		간벌재, 가지, 뿌리 등 지금까지 별로 이용해 오지 않은 자원		
자원작물	수목계	유카리투스, 팜야자나무, 버드나무, 아카시아 등		
	초목계	옥수수, 사탕수수, 고구마, 유채 등		
	수생계	자이언트켈프(Giant kelp), 다시마 등		

자료 : 内藤正明의 1(2003) 등을 참고로 작성

2. 바이오매스의 분류 및 이용방법

구체적으로는 음식물 쓰레기나 가축배설물 등의 「유기계폐기물, 제재공장에서 발생하는 폐목재 또는 톱밥, 건축 폐자재 등의 폐기물」, 또는 간벌재나 가지치기 한 나뭇가지, 벧짚,

왕겨 등의 「미이용 자원」, 연료용 에탄올(바이오에탄올) 생산에 이용되는 사탕수수, 옥수수, 고구마 등의 「자원작물」 등이 이에 해당한다. <표 1>은 주요 바이오매스의 발생유형별 분류를 나타내고 있다.

바이오매스는 직접적인 연소나 가스화, 열분해 등의 열화학적 변환과 혐기성 분해 또는 발효 등의 미생물과 박테리아를 이용한 생화학적 변환, 그리고 직접적인 기름 추출 방식 등을 통해 가공된다. <표 2>는 각종 바이오매스의 변환방법과 이를 통한 연료화 이용 형태의 예를 나타내고 있다. 이러한 바이오매스 이용기술의 연구개발 및 실용화는 1978년 말의 제2차 오일쇼크를 계기로 활발하게 이루어졌다.

<표 2> 각종 바이오매스의 연료화 이용 예

원료 바이오매스	이용 방법	이용 형태
목재, 폐재, 농산부산물 등	직접연소	연소열(난방열, 전기에너지)
	가열(산소공급)	가스화(열병합발전)
	가열(공기차단)	바이오오일·가스(전기, 열), 목탄(연료)
축산분뇨, 음식물쓰레기, 농산물 잔사 등	혐기성 발효	메탄(열병합발전→전기, 열)
	발효, 화학적 분해	퇴비, 사료
사탕수수, 사탕무, 옥수수, 카사바 등 (당분, 전분, 셀룰로스)	발효(알콜화)	에탄올(자동차연료, 발전용, 난방용 등)
대두, 유채, 동물성지방, 폐식용유	추출, 에스테르화	바이오디젤(발전, 난방, 수송용)

자료 : 「身近な未来エネルギーバイオマス」(<http://www.gov-online.go.jp>)를 참고로 작성.

Ⅲ. 바이오매스 이용 효과 및 현황

1. 바이오매스 이용의 기대 효과

1) 농산업으로서의 기대효과

바이오매스의 이용은 원유수입량의 절감과 환경문제 해소, 지구온난화 방지 등의 광범위한 부문에서의 효과를 기대할 수 있다. 하지만 특히 관심을 가지고 생각해 보아야 할 점은 바이오매스의 이용이 농업·농촌의 활성화에 어떠한 기여를 할 수 있을지에 관한 문제이다. 가장 중요한 것은 바이오매스의 에너지 및 제품화가 새로운 산업으로 발전할 수 있는 가능성을 가졌다는 것이며, 이는 농업·농촌 및 농림업자에게 새로운 비즈니스와 고용기회

를 창출·제공할 수 있다는 점이다. 그동안 자원으로서의 이용률이 낮았던 농림업폐기물에 대한 시장 형성과 자원식물 재배를 위한 휴경지 등의 미이용지 활용 증가, 고부가가치 창출이 가능한 새로운 비즈니스 형성 등의 3가지 측면에서 기대되어지는 바가 크다.

우선 농림업폐기물의 새로운 시장형성에 대한 기대이다. 바이오매스는 이용 가능한 식물의 전부를 이용한다는 점에 의미가 있다. 예를 들어 식용작물의 경우 인간이 식용으로 하는 종자, 과일, 뿌리, 잎, 줄기 등의 일부분을 제외한 비식용부분은 대부분 폐기물로 구분되어 버려져 온 것이 사실이다. 목재생산에 있어서도 상품성이 없는 부분은 폐기되거나 직접 연소를 통한 이용이 대부분이었다. 하지만 이들 농림업폐기물을 고부가가치의 에너지 또는 제품으로 전환할 경우, 원료로서의 폐기물 자체에 대한 수요 증가로 이에 대한 새로운 시장이 형성 될 것으로 기대된다.

둘째로 미이용지의 활용증가에 대한 기대이다. 최근 쌀 생산조정제의 도입 및 농업노동력의 고령화, 후계자 부족 등으로 농업생산조건이 상대적으로 불리한 중산간지역에서는 휴경 및 경작포기 농지가 크게 증가할 것으로 예상된다. 이들 미이용지를 이용한 자원작물의 재배는 원료의 안정적 확보뿐만 아니라 농지를 농지로서 이용·보전할 수 있는 방안으로 기대되어진다. 유럽에서도 생산조정농지에 버드나무나 포플러를 심어 자원으로 이용하고 있는 사례가 있으며, 최근 브라질, 칠레, 남아프리카 등지에서는 성장이 매우 빠르고 에너지 작물로서의 이용 가치가 우수한 유카리투스 등의 조생수목을 폭넓게 재배하고 있다.

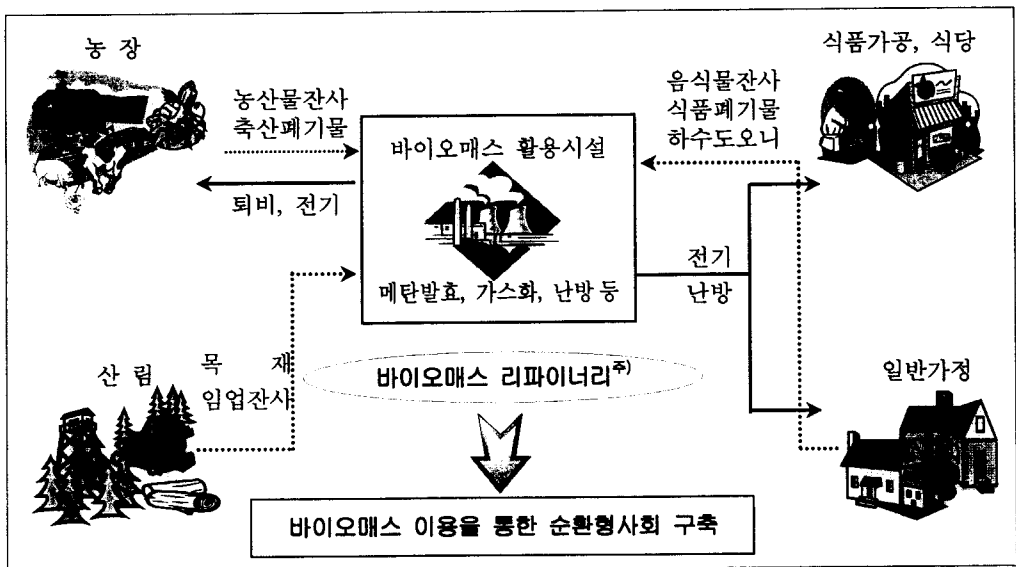
셋째로 새로운 비즈니스 형성에 대한 기대이다. 아직까지 바이오매스의 이용, 즉 바이오매스가 창출하는 산업 비중은 그다지 크다고는 할 수 없다. 하지만 환경관련 산업으로의 연계 가능성과 현 산업의 환경대응 등을 감안한다면 앞으로의 성장 가능성은 매우 크다고 할 수 있다. 직접적인 바이오매스의 이용이 창출하는 산업으로는 에너지 또는 제품생산에 관련된 퇴비·사료화, 가스화, 발전, 연료전지, 바이오디젤 등의 산업을 들 수 있다. 이와 관련하여 바이오매스의 생산, 수집, 회수, 운송 등의 부문에서도 새로운 비즈니스가 창출 될 것으로 기대된다. 이미 바이오에탄올 이외에도 대두를 이용한 신문 인쇄용 잉크생산이나 옥수수 섬유를 이용한 생분해성 플라스틱 생산 시장에 대규모 곡물기업인 카길과 화학 회사 다우가 합작으로 참여하고 있기도 하다.

이렇듯 바이오매스의 이용은 지금까지 농림업이 담당해 오던 식량과 목재(자재)의 공급이라는 역할에 더해 친환경적 에너지와 바이오제품의 공급이라는 새로운 역할을 추가하는 일이라고 할 수 있다.

2) 바이오매스 이용을 통한 순환형 지역사회 구축

위와 같이 바이오매스의 이용이 지금까지는 없었던 전혀 다른 새로운 산업으로서 발전할 수 있는 가능성을 지니고 있음은 분명한 일이다. 하지만 이러한 새로운 산업으로서의 발전만큼이나 중요한 것이 농·산촌사회에 있어서의 순환형 지역사회의 구축이라는 점이다.

농림지역 내에는 농산물잔사, 축산폐기물, 그리고 목재나 임업폐기물 등 다양한 농림업 폐기물들이 발생하고 있으며 이들 대부분은 폐기되어지고 있는 것이 현실이다. 이러한 폐기물계 바이오매스를 효과적으로 활용함으로써 농림업의 자연순환기능을 유지·증진시킬 수 있다. 또한 <그림 1>에서와 같이 농산물 잔사, 축산폐기물, 임업폐기물 등의 농림업폐기물 뿐만 아니라 지역 내의 일반 가정·식품가공분야·식당 등에서 발생하는 음식물쓰레기와 식품폐기물, 그리고 하수도오니 등은 바이오매스 활용시설에서의 발효, 가스화 과정 등을 거쳐 퇴비나 사료, 전기, 난방 등의 에너지와 제품으로 변환한다. 이 과정을 통해 생산된 퇴비나 사료 등은 농업부문에 재 환원되며, 전기, 난방 등의 에너지는 지역 내의 일반 가정 및 농림업에서 이용한다.



자료 : 藤本 潔, 2004, p. 5의 그림을 바탕으로 재구성

주 : 본래 리파이너리(refinery)의 개념은 정제(精製)·정련(精鍊) 등 순도를 높인다는 의미로 여기에서는 바이오매스의 이용률을 극대화 한다는 의미로 생각할 수 있음.

<그림 1> 바이오매스 이용을 통한 순환형 지역사회 시스템

이러한 지역내 바이오매스의 순환적 이용은 농·산촌과 도시와의 물적·인적 교류에도 기여한다. 농·산촌부에서 생산된 바이오에너지와 바이오제품의 공급을 통하여, 상호 연계 및 정보·인적교류의 활성화를 기대할 수 있다.

이처럼 바이오매스의 순환적 이용은 ‘생명’, ‘순환’, ‘공생(상생)’이라는 농림산업 및 농·산촌이 담당해야 할 현대적(시대적)·사회적 요구에 부합하는 것으로, 지역 활성화에도 공헌한다는 점에서 중요한 의미를 갖고 있다.

2. 유기계 폐기물의 이용 현황

현재 활용 가능한 바이오매스 가운데 그 양이 가장 많은 것이 축산폐기물과 음식물쓰레기일 것이다. 축산폐기물의 경우 축산업의 규모화가 진행되면서 축산분뇨의 적절한 처리가 이루어지지 않아 악취, 표층수·지하수 오염, 해충발생 등 농촌지역의 환경문제를 일으키는 주요 원인이 되기도 하고 있다. 우리나라는 연간 약 3천2백만톤의 축산분뇨가 발생하고 있다<표 3>. 1995년을 경계로 한우와 젓소의 사육두수는 줄어들고 양돈농가가 증가하면서 양돈에서 발생하는 분뇨의 양이 전체의 약 42%를 차지하고 있다. 양돈 분뇨의 경우 수분함량이 많아 특히 적절한 처리가 요구되어진다.

또 한 가지 바이오매스 총량 가운데 큰 비중을 차지하고 있는 것이 일반가정 및 식품가공산업 부문에서 발생하는 음식물쓰레기이다. 2002년 현재 하루 평균 음식물쓰레기의 발생량은 1만1,237톤으로 연간 약 410만톤이 발생하고 있다. 전체적인 음식물쓰레기 발생량은 쓰레기종량제가 도입된 1995년을 경계로 매년 완만한 감소추세를 보이고 있으나, 여전히 생활폐기물에서 차지하는 음식물쓰레기 비율은 20%를 상회하고 있어 선진국의 10%수준보다 훨씬 높은 실정이다.

〈표 3〉 연도별 가축분뇨 발생량

(단위 : 천톤/년)

구 분	1985	1990	1995	2000	2001	2002	2003
한육우	13,605	8,644	13,824	8,473	7,492	7,515	7,127
젓 소	5,068	6,549	9,905	7,065	7,123	7,063	7,171
돼 지	4,374	6,941	2,199	12,593	13,368	13,758	13,838
닭	1,697	2,473	1,099	3,919	3,880	3,860	3,873
계	24,743	24,607	34,217	32,049	31,863	32,196	32,009

자료 : 『가축분뇨의 액비사용 기술』, 농촌진흥청, 2002. 12.

아직까지 축산분뇨, 음식물쓰레기 등의 유기계폐기물은 상용화 기술 및 경제성 등의 문제로 발효나 생분해를 통한 퇴비·액비화, 사료화 이용이 중심이 되고 있다. 1999년부터 음식물쓰레기의 매탄화가 일부 처리시설을 통해 시작되면서 유기계폐기물 이용이 다양화 할 수 있는 가능성을 보여주고 있다.

IV. 외국의 바이오매스 이용 현황

1. 일본의 「바이오매스 닛폰 종합전략」(이하 종합전략이라 함)

1) 「종합전략」 수립의 배경 및 목적

일본은 지구온난화 방지를 위해 이산화탄소, 메탄, 아산화질소, 프레온 등의 온실가스 배출을 삭감하는 내용의 교토의정서의 조속한 이행과 축산폐기물, 음식물 쓰레기, 간벌재, 벗짚 등의 바이오매스 이용 확대를 위하여 2002년 12월 27일에 「바이오매스 닛폰 종합전략」을 각의결정했다.

종합전략에서는 「바이오매스 닛폰」을 가능한 한 조기에 실현할 수 있도록 추진 과정에 대한 관리 및 평가를 위한 지표로 <표 4>와 같이 구체적인 목표를 제시하고 있다. 교토의정서의 제1차 약속이행기간(2008~2012년)의 중간기점인 2010년을 기준으로 기술적·지역적·전국적 관점에서 바이오매스 이용의 추진상황, 경제적·사회적 환경 변화를 고려한 상당히 구체적인 목표치를 제시하고 있다.

이러한 바이오매스의 이용은 단순히 석유 등의 화석자원의 대체자원으로서의 의미뿐만 아니라 다음과 같은 4가지의 목적을 포함하고 있다.

① 지구온난화 방지

바이오매스는 산업·생활계에서 발생하는 이산화탄소를 흡수하는 등 온실가스의 자연조절능력을 갖고 있어, 세계적으로 문제가 되고 있는 지구 온난화 방지에 기여할 것으로 기대된다. 이렇듯 바이오매스는 이산화탄소의 증감에 영향을 주지 않는 카본 뉴트랄(carbon-neutral) 특성이 있어 화석자원에서 생산한 에너지나 제품에 대체할 수 있는 새로운 자원으로서 가치와 의미를 가지고 있으며, 화석연료 이용시 발생하는 CO₂의 발생을 억제할 수 있어 지구 온난화 방지라는 관점에서도 중요하다.

② 순환형 사회의 구축

현대사회의 대량생산, 대량소비, 대량폐기 구조의 사회 시스템을 개선하고, 폐기물 발생을 억제하는 등 제한된 자원을 효과적으로 활용하는 순환형 사회로의 전환이 요구되어지고 있다. 바이오매스는 지속적 재생산이 가능한 자원으로 이의 종합적 이용을 통하여 순환형 사회의 구축을 가속화 시킨다.

③ 경쟁력 있는 새로운 전략적 산업의 육성

최근 심각한 환경문제와 이에 대한 국민의 사회적 관심이 높아지면서 환경기술, 환경산업이 시대적 요구로 받아들여지고 있다. 바이오매스의 이용은 환경보전과 경제 활성화라는 두 가지 조건을 만족할 수 있는 사회 모델을 제시하고 있는 것이다. 바이오매스 이용을 통한 이제까지는 없었던 전혀 새로운 환경조화형 산업 형성과 이에 따른 고용창출 등을 기대할 수 있다.

〈표 4〉 「바이오매스 닛폰」 실현을 위한 구체적 목표

구분	구 체 적 목 표		
기술적 관 점	dry계(수분함량이 적은 바이오매스)를 에너지로 변환하는 기술(직접연소 또는 가스화 플랜트)	바이오매스의 1일 처리량 20톤 정도의 플랜트 (몇 개 시정촌 규모를 상정)	에너지 변환효율이 전력으로 20%, 열로 80% 정도를 실현할 수 있는 기술 개발
		바이오매스의 광역수집에 관한 환경이 정비된 경우의 바이오매스 1일 처리량 100톤 정도의 플랜트 (도도부현 권역을 상정)	에너지 변환효율이 전력으로 30%를 실현할 수 있는 기술 개발
	wet계(수분함량이 높은 바이오매스)를 에너지로 변환하는 기술(메탄발효 등)	바이오매스의 1일 처리량 5톤 정도의 플랜트 (부락에서 시정촌 규모를 상정)	에너지 변환효율이 전력으로 10%, 또는 열로 40% 정도를 실현할 수 있는 기술 개발
	생분해성 플라스틱	현 시점에서 실용화 하고 있는 바이오매스 유래 생분해성 플라스틱의 원료가격을 200엔/kg 정도로 유지	
	소재(素材)	리그닌 또는 셀룰로스 등의 효과적인 활용을 추진하기 위해 새로이 실용화 단계의 제품을 10종류 이상 개발	
지역적 관 점	폐기물계 바이오매스를 탄소량 환산으로 90% 이상 또는 미이용 바이오매스를 탄소량 환산으로 40% 이상 활용하는 시스템을 갖춘 시정촌을 500개소 정도 구축		
전국적 관 점	폐기물계 바이오매스	탄소량 환산으로 80% 이상 활용	
	미이용 바이오매스	탄소량 환산으로 25% 이상 활용	
	자원작물	탄소량 환산으로 10만톤 정도 이용 기대	

자료 : 「바이오매스 닛폰 종합전략 스타트」, <http://www.jbnacfa.net/bin/hakusyo> 2004/T-1-2.htm에서 인용.

바이오매스의 에너지화 및 제품 생산을 위한 신기술·제품의 개발뿐 아니라 바이오매스의 생산, 수집·운송, 변환, 이용에 이르기까지의 새로운 분야에서의 비즈니스 모델 창출이 가능한 것이다. 종합전략에서는 바이오매스 관련 산업을 국가의 전략적 산업으로 육성한다는 계획이다.

④ 농림어업, 농산어촌의 활성화

일본은 고온 다습한 아시아몬순지대에 위치하고 있어 바이오매스가 풍부하며, 그 대부분은 농산어촌에 존재하고 있다. 또한 축산폐기물, 볏짚, 산간지역의 폐목 등 농림어업으로부터 발생하는 바이오매스를 효과적으로 이용함으로써 농림어업의 자연순환 기능 유지·증진 및 지속적 발전을 가능하게 한다.

전술한 바와 같이 이러한 바이오매스의 활용은 농림어업이 담당해 온 식량과 목재의 공

급이라는 차원을 넘어 에너지 또는 환경친화적 제품의 공급이라는 새로운 기능을 추가하는 것이 된다. 또한 도시와 농산어촌의 공생과 교류를 촉진하여 농산어촌의 활성화를 도모하고 더 나아가서는 나라 전체를 균형적으로 발전시키는데 기여할 것으로 기대하고 있다.

2) 바이오매스 이용의 유형 및 현황

현재 일본은 바이오매스 이용의 경제성 측면에서 폐기물계의 바이오매스가 일부 이용되어지고 있지만, 농작물의 비식용부분이나 임업폐기물과 같은 바이오매스의 이용은 거의 이루어지고 있지 않고 있고, 자원작물의 재배 역시 매우 적은 양에 불과하다.

발생량이 가장 많은 축산폐기물의 경우 연간발생량 9,100만톤 가운데 약 80%를 이용하고 있으나 대부분은 퇴비나 비료로 이용된다. 연간 약 1,900만톤이 발생하는 식품폐기물의 경우는 약 10% 정도만이 비료나 사료로 이용되고, 나머지 90%는 소각·매립되고 있는 실정이다.

목질계 폐재·미이용재에 관해서는, 톱밥을 비롯한 제재공장 등의 잔재(연간 발생량 약 610만톤)는 에너지나 비료 등으로 거의 대부분 재생이용되고 있지만 간벌재·병충해 피해목(연간 발생량 약 390만톤), 건설업 발생목재 등은 제지원료, 합판원료, 축사바닥용, 직접 연소를 통한 에너지 생산 등에 약 60% 정도가 이용되고 있다.

벼짚, 왕겨 등의 농산 부산물은 연간 약 1,300만톤 정도가 발생되고 있으며, 이 가운데 약 30%를 퇴비, 사료, 축사바닥용 등으로 이용하고 있지만, 벼짚의 경우 약 70%를 농지에 환원하는 등 대체적으로 이용도는 낮다.

이 밖에도 유채, 유카리투스, 케나프(kenaf, 洋麻) 등의 자원작물에서 아직은 상용화 할 정도의 양은 아니지만 바이오디젤, 바이오가솔린, 종이 등을 생산하고 있다.

이러한 일본의 바이오매스 이용기술은 세계적으로도 매우 높은 수준이며, 다양한 분야에서의 폭넓은 이용 가능성을 제시하고 있다. 특히 일본은 계획적으로 조성한 인공림의 비율

〈표 5〉 바이오매스 이용 특구 구상

지역(현)	제안단체	명 칭	대상지역	내 용
홋카이도	시카오이町	바이오가스 플랜트 특구	시카오이町	바이오가스를 이용하여 발전한 전기의 공급과 판매에 관련한 규제 특례 도입으로 원활한 사업 추진
아오모리	아오모리현	환경·에너지산업 창조 특구	현 내 17개 市町村	전력소매에 관한 특정규모수요의 대상 확대 등에 의한 연료전지와 바이오매스 발전의 실증 및 사업화 도모
이와테	이와테현	지역분산형 종합 그린에너지 특구	이와테현 내 市町村	목질·축산바이오매스에너지 등 특정 전기사업의 강력한 운용 특례에 의한 자립형 에너지 공급체 확립

지역(현)	제안단체	명 칭	대상지역	내 용
이바라기	츠쿠바시	츠쿠바 신에너지 시민전력 특구	츠쿠바시	'츠쿠바 신에너지 시민전력공사' 설립. 농지에 발전시설을 설치할 경우 농지전용 등 특례도입을 통해 자립형 에너지 공급체계 확립
나 가 노	이 다 시	텐류협 eco vally project	이다시	바이오에너지의 활용 촉진을 위한 '텐류협 eco vally project' 추진 관련제도에 특별부여로 적극적 추진 유도
시 마 네	마스다시	폐기물규제완화 특구	마스다시	제재잔재, 축산폐기물을 일반폐기물로 처리할 수 있도록 규제 특례도입, 사업소 및 시내 주요시설에서 연료로 이용

자료 : 浪江 一公, 「바이오매스가 창출하는 새로운 시장」, 『월간 지구환경』, 日本工業新聞社, 2003. 5, <http://www.cheric.org/ippage/ip.php?code=g200301>에서 재인용.

이 높아 앞으로 임업에서 발생하는 바이오매스의 이용은 더욱 확대될 것으로 예상되며, 미이용자원 및 자원작물의 이용도 크게 증가할 것으로 기대되고 있다.

최근 지역 환경·에너지문제와 결부시켜 바이오매스의 이용을 전략적으로 추진하려는 새로운 시도들이 몇몇 지자체를 중심으로 보여지고 있다. <표 5>에서는 는 현과 시정촌단위에서 구상하고 있는 바이오매스 이용전략들의 예를 소개하고 있다. 각 지자체별 추진 내용에는 많은 부분 차이가 있지만, 대부분 바이오매스를 이용한 발전, 연료 등 에너지로의 변환·이용을 활성화하려고 한다는 점에서 공통점을 찾을 수 있다. 현재 바이오매스의 이용에 가장 적극적인 지역 및 지자체는 지역 산업에 차지하는 낙농 등 축산비중이 가장 큰 홋카이도(北海道)이다.³⁾

2. 미국

1) 바이오매스 이용에 관한 정부정책의 변화

미국은 세계 최대의 바이오매스 이용국이며, 이는 바이오매스 이용을 촉진하기 위한 정부의 정책적 지원이 있었기 때문이라 할 수 있다.

미국은 세계적인 오일쇼크를 계기로 에너지안보의 확보가 중요한 사회문제로 대두되면서 바이오매스를 이용한 발전을 촉진하기 위해 발전사업자가 전력회사에 회피원가(전력회

3) 신에너지·산업기술종합개발기구(NEDO ; New Energy and Industrial Technology Development Organization) 홋카이도 지부에서는 바이오가스 플랜트의 개발, 도입에 관한 사례를 소개하여, 앞으로 원활한 도입을 추진함에 있어 예상되는 문제점들에 대한 해결 방향을 정리하여 2001년 3월에 『北海道 바이오가스에너지 이용 가이드북』으로 작성·보급하고 있다.

사가 신규로 전력을 공급하는데 드는 추가 경비)로 전력을 공급하도록 규정하는 공익사업 규제법을 1978년에 발표하였다. 이후 각 지역에서 바이오에너지의 활용이 크게 증가하고 있다. 예를 들어 임업이 주요 기간산업인 메인주(maine州)의 경우 주 전체 발전량의 26%를 바이오매스를 이용한 발전으로 충당하고 있다

또한 같은 해인 1978년에는 주로 옥수수전분에서 생산하는 바이오에탄올 연료에 대해 연방연료세의 일부를 면제하는 에너지세법이 발표되어 바이오에탄올 이용을 촉진할 수 있는 제도적 장치가 마련되었다. 이는 수입원유에 대한 의존도를 낮추기 위한 조치였으나 1980년대에 들어오면서부터는 옥수수재배농가에 대한 직접적 지원책으로 변화하였다.

1990년에는 환경오염물질배출의 규제를 목적으로 '70년대에 제정된 대기정화법의 개정을 통하여 1992~1993년 동절기에 연방대기환경기준(NAAQS)의 일산화탄소 배출기준을 초과한 39개 도시를 대상으로 동절기에 한정하여 MTBE(Methyl Tertiary Butyl Ether-휘발유에 성능향상을 위해 첨가하는 산화제)와 에탄올 등의 합산소화합물을 혼합한 가솔린 이용을 의무화 했다.

1999년 8월 클린턴 정권은 바이오제품과 바이오에너지에 관한 연구개발과 이의 적극적인 활용을 촉진하기 위한 “바이오매스 제품과 바이오에너지의 연구개발 및 활용 촉진”에 관한 대통령령(대통령령 13101호)을 공포하여 2010년까지 바이오매스 에너지와 바이오제품의 소비를 2001년 기준량의 3배로 증가시켜 농업과 지방경제에 약 200억 달러의 추가적 부가가치를 창출한다는 방침을 세우고 있다.

현 부시정권에서도 바이오매스 이용에 관한 큰 관심을 보이고 있으며, 2002년 10월에 “미국의 바이오에너지와 바이오제품의 비전”을 발표하였다. 이 비전에서는 2010년까지 3배로 이용을 확대하겠다는 클린턴 정권의 대통령령 목표를 크게 수정하여 바이오에너지(부시정권에서는 바이오에너지를 바이오파워(전력·열 이용)와 바이오연료(바이오에탄올)로 구분하여 그 구분을 명확화 하였다)는 1.4배, 바이오제품은 2.4배로 하향 조정 하였다. 또한 이 비전은 정부의 바이오매스 이용 전략을 전력·열 등을 생산하기 위한 바이오매스의 전체적인 이용에서 바이오 리파이너리(bio refineries) 산업 육성 및 창출로 전환했다는 점에 의미가 있다.

2) 바이오매스 이용의 유형 및 현황

클린턴 정부의 대통령령에는 바이오매스 이용에 대한 기대를 다음과 같이 표명하고 있다.

“바이오제품과 바이오에너지에 관한 기술은 재생 가능한 농림자원을 전력, 연료, 화학제품, 약품 등으로 변환시킬 수 있는 충분한 가능성을 내재하고 있다. 이들 분야의 기술발전은 미국 농촌의 농민, 임업종사자, 목장주 등에게 새로운 비즈니스와 고용을 창출할 것이다. 즉 농림업 폐기물에 대한 새로운 시장이 형성되고, 미이용 토지(휴경지 또는 경작 포기지 등)를 활용한 고부가가치의 새로운 비즈니스가 형성될 것이다. 또한 이는 외국산 석유에

대한 과도한 의존을 감소하고, 대기정화나 수질개선, 홍수방지 등에 도움이 될 뿐만 아니라 온실효과 가스의 배출삭감에도 기여할 것이다”

이처럼 미국은 바이오매스의 산업화에 강한 기대감을 보이고 있다.

바이오매스의 이용분야를 보면, 공업부문의 이용이 전체의 약 70%를 차지하고 있으며, 다음으로 발전과 가정이용이 각각 약 15%가량을 차지하고 있다.

공업부문 이용의 약 90%는 펄프, 제지, 목재산업에서 이용하고 있으며, 이는 전체 바이오에너지 소비량의 약 55%를 차지하는 양이다. 이를 금액으로 환산하면 연간 약 1,190억 달러의 GDP를 생산하는 거대산업이라 할 수 있으며, 이는 전체 식품제조산업(1,240억 달러)과 맞먹는 규모이다.

또한 미국은 바이오매스, 특히 옥수수의 전분을 이용한 에탄올 등 화학제품 생산에도 주력하고 있다. 2002년도의 경우 약 2,300만톤의 옥수수에서 968만 kl(이 가운데 연료용은 800만 kl)의 바이오에탄올을 생산하였는데, 이 양은 같은 해의 미국 전체 옥수수 생산량의 약 10%를 차지할 만큼 많은 양이다. 데이터로서 오래된 감은 있지만, 참고적으로 1997년의 경우 바이오에탄올 생산에 따른 원료 수급관계로 옥수수의 가격이 18.6% 상승해 전체적으로 옥수수농가의 수입이 약 50억 달러 증가한 것으로 추산되고 있다. 또한 바이오에탄올 산업과 관련하여 약 19만5,000명의 새로운 일자리가 창출되는 등 바이오에탄올 산업은 미국의 옥수수 재배농가에게 있어 상당히 중요한 산업으로 자리매김하고 있다.

이렇듯 미국의 바이오매스 에너지 및 제품 생산은 순조롭게 확대되어 왔지만 바이오매스가 지니고 있는 본래의 특질을 모두 활용하는데까지는 이르지 못한 것이 사실이다. 예를 들어 옥수수를 이용한 바이오에탄올 생산의 경우 옥수수의 전분만을 이용할 뿐 줄기를 비롯한 나머지 부분의 이용은 거의 이루어지고 있지 않다. 최근 이러한 점을 개선하여 생각되어지고 있는 것이 “바이오 리파이너리”이다. 바이오 리파이너리는 바이오와 오일리파이너리의 합성어로 한가지의 바이오매스 원료에서 여러 가지 제품을 생산한다는 것을 의미한다. 즉 옥수수의 경우 전분뿐만 아니라 줄기와 잎 등의 섬유질과 당분까지도 이용해 에탄올 이외에도 섬유, 종이, 플라스틱 등 여러 가지 제품을 생산하려 하는 것이다. 이러한 바이오 리파이너리의 개념은 앞으로 바이오매스의 이용에 있어서 중요한 방향성을 제시하고 있다고 할 수 있다.

V. 바이오매스 활용 촉진을 위한 과제

1. 바이오매스 이용에 있어서의 문제점

지금까지 바이오매스의 이용이 ‘환경과 경제를 양립시킬 수 있는’ 새로운 산업으로 발전

할 수 있는 충분한 가능성을 가지고 있으며, 이러한 바이오매스의 지역적 이용이 지역 활성화에까지 기여할 수 있다는 점을 이야기 했다.

현재 우리나라도 바이오매스 이용기술은 정부 및 민간 연구소를 중심으로 이미 상용화가 가능한 수준에까지 개발이 진행되고 있지만, 현실적으로 그 이용이 매우 제한적으로 이루어지고 있다. 이는 바이오매스의 이용이 경제적, 사회적, 기술적으로 해결해야 할 여러 가지 과제들을 안고 있기 때문이다. 바이오매스(특히 폐기물)를 에너지화 하기 위한 고도의 기술 개발은 적극적으로 이루어지고 있는 반면에, 이들 폐기물을 회수·수거하는 시스템이나 에너지화 한 후의 잔사처리 등 전체적인 시스템 측면에서의 대응은 미흡한 것이 현실이다.

여기에서는 도시·생활형폐기물, 농업·농촌형 폐기물, 미이용 자원 등 발생유형별 바이오매스의 이용에 있어서의 문제점들을 간략하게 요약해 보도록 한다.

우선 도시·생활형폐기물의 경우이다. 도시·생활형폐기물의 경우 문제가 되는 것은 원료의 분리수거 및 운송, 이용시설의 입지 등이다. 쓰레기종량제 실시 이후 음식물쓰레기에 대한 분리배출·수거가 어느 정도 가능해 졌다고 할 수 있으나, 배출·수거 과정에서 이물질이 포함되는 경우가 많아 불순물을 제거하는 데에 추가적인 비용이 필요한 경우도 있다. 그리고 이러한 음식물쓰레기를 사료 또는 퇴비화 했을 때 이들 퇴비 및 사료의 수요자가 도시 외부의 농촌지역에 존재하기 때문에 운송에 많은 비용과 에너지를 필요로 한다. 또한 바이오매스 이용의 경제성을 높이려면 일정 규모 이상의 생산량과 이를 위한 시설이 필요한데 도시 내부에 이러한 바이오매스 이용 시설을 설치하기 위해서는 주변 주민들의 이해와 동의를 얻어야 하는 등 현실적인 어려움이 있다.

다음은 농업·농촌형 폐기물과 미이용 자원의 경우이다. 중산간지역이나 평지농촌지역에서 발생하는 바이오매스를 에너지화 하는 경우 문제가 되는 것은 지역 주민의 고령화 또는 인구 감소 등으로 원료의 조달 및 1차 운반이 어렵다는 점이다. 축산분뇨 또는 목재 등은 수집과 운반에 기계화가 필요하다. 또한 농산촌 지역은 이들 바이오매스를 이용해 생산한 가스 및 전기 등의 수요량이 적어 도시로의 송전 또는 잉여전기의 판매가 필요하지만 송전은 전기에너지 효율을 저하시키고 판매 또한 가격 면에서 경제성이 떨어진다고 할 수 있다.

이 이외에도 축산분뇨, 음식쓰레기, 하수오니 등과 같이 수분을 많이 포함하는 바이오매스의 경우, 기술적으로는 발효·분해를 통해 약 95%까지 메탄화 등이 가능하지만 나머지 5%의 찌꺼기(슬러지 상태)를 어떻게 이용할 것인가가 과제이다. 이 찌꺼기는 고온의 열로 녹여 벽돌 등 건축자재로 활용하는 방안이 모색되어지고 있으나 물량 확보와 이에 따른 경제성문제가 과제이다.

이러한 바이오매스 이용을 통한 자원순환구조 안에서 일부 주체에게 경제적으로 집중된 부담을 강요해서는 지속적인 성립이 어렵다. 바이오매스의 이용에 관계하는 모든 경제주체의 효과적인 연계와 적정한 비용부담을 통해 바이오매스의 회수 → 재자원화 → 유통 →

소비에 이르는 전체적인 시스템으로 발전시켜 나아가야 할 것이다.

2. 정책지원의 필요성

바이오매스는 화석연료의 과다한 사용에서 벗어날 수 있는 현실적 대안이라고 할 수 있다. 바이오매스가 화석연료를 대신할 수 있는 중요한 자원이라고 한다면 그 수요는 장기적으로 매우 클 것으로 예상된다. 세계적으로 바이오매스 이용에 관한 연구 및 실용화가 활발하게 이루어졌던 시기는 1978년의 제2차 오일쇼크를 전후로 한 시기였다. 따라서 최근 이라크 전쟁을 비롯한 중동사정의 악화로 국제 원유가격이 급등하고 있는 현실 속에서 바이오매스 이용에 대한 기대는 커질 수밖에 없다.

하지만 현재와 같은 산업구조하에서는 여전히 석유자원이 절대적 우위를 점하고 있어, 바이오매스의 이용이 전체 산업구조 안에서 석유자원과 같은 에너지원으로 자리매김한다는 것은 그리 쉬운 일은 아니다.

현 단계에 있어서 바이오매스의 이용을 촉진하기 위해서는 바이오매스의 생산 및 수거, 운송, 변환, 시설 도입, 제도적인 정비, 사회적 인식의 제고 등에 이르기까지 정부의 다각적인 정책지원 노력이 필요할 것이다.

예를 들어 미국의 경우 바이오매스 이용이 시작될 무렵인 1978년 ‘공익사업규제정책법’이 제정되어 바이오매스에서 생산된 전기를 판매할 수 있도록 했다. 이를 계기로 소규모 바이오매스 발전플랜트가 전국적으로 설치되게 되었다. 또한 1990년대 들어 스웨덴을 비롯한 북유럽 각국에서는 화석연료에 탄소세를 부과해, 석탄보다 목질원료의 열량 당 실제 비용이 낮도록 유도하고 있다.

이러한 중앙정부의 역할에 더해 바이오매스의 이용 활성화를 위해서는 지자체의 역할 또한 크다고 할 수 있다. 지역 내 바이오매스의 적극적인 이용을 유도하기 위한 조례의 제정이나 바이오매스의 이용에 힘쓰고 있는 기업, 단체 등에 대한 특례, 지역 내 바이오매스 이용시설의 설치 및 원료조달, 운송 등에 대한 지원 등이 현실적으로 가능한 지자체의 역할이라고 할 수 있다. 하지만 무엇보다도 중요한 것은 바이오매스 이용의 환경적·경제적 편익 및 필요성에 대한 지역주민의 공감대 형성을 위한 노력이다. 또한 바이오매스의 이용을 둘러싼 각 부문간 이해관계 발생시 이를 조정하여 자원이 원활하고 효율적으로 이용될 수 있도록 해야 할 것이다. 이를 통하여 결과적으로는 농·산촌뿐만 아니라 인근 도시지역까지 포함하는 순환형 지역사회의 구축에 기여하게 되는 것이다.

VI. 맺 음 말

현재 우리나라의 바이오매스 이용 수준은 걸음마 단계에 있다고 할 수 있다. 농업부문에 서 가장 많이 발생하는 축산분뇨나 농산물 잔사, 도시·생활을 통해 발생하는 음식물쓰레기 등 유기계폐기물의 대부분은 시설도입 및 활용방법 등의 경제적 리스크에 대한 부담 때문에 기술적으로 가장 손쉬운 퇴비화 또는 사료화 정도의 이용을 할 뿐이다. 하지만 이러한 바이오매스 이용에 대한 사회적·환경적 의의는 매우 크다. 현재로서는 바이오매스 이용기술의 개발이나 활용시설의 도입 등 성과보다는 투자에 대한 부담이 적지 않지만 장기적으로 보면 화석연료의 수입 감축, 새로운 산업 및 고용창출 등 매우 큰 경제적 성과를 기대할 수 있을 것이다. 따라서 앞으로의 바이오매스 이용의 방향과 목표설정에도 있어서도 경제성만을 앞세운 소극적 자세에서 벗어나 사회적·환경적 측면을 고려한 적극적인 추진이 필요하다. 또한 이용 방법에 대해서도 현재의 퇴비화, 사료화 등의 이용과 함께 매탄화, 발전, 연료전지 등 바이오에너지 생산과 바이오디젤, 가솔린 등의 연료생산까지 다양화 할 필요가 있다.

바이오매스의 이용은 경제성, 기술성, 사회성 등의 모든 면에서 아직도 풀어야 할 많은 과제를 안고 있다. 하지만 무엇보다도 중요한 전제가 되는 것은 바이오매스의 이용을 통해 경제적으로도 환경적으로도 지속가능한 사회를 어떻게 만들어 나아갈 것인가 라는 문제이다.

여기에 정부 개입의 여지가 있는 것이다. 바이오매스의 이용은 자율적 시장경제 안에서는 당분간 시민권을 확보하기에는 어려움이 있을 것이다. 바이오매스의 이용을 활성화 할 수 있도록 관련 법령을 제·개정하는 등 제도적인 장치의 마련이 필요하며, 시설 도입시 일부 비용을 정부가 부담하는 등 적극적인 지원이 요구된다.

이러한 바이오매스의 이용은 새로운 산업으로서의 가능성뿐만 아니라 순환형 지역사회의 건설이라는 측면에서도 매우 중요한 의미를 지니고 있으며, 앞으로 바이오매스의 이용을 활성화시키기 위해서는 이것이 지역의 사회, 경제, 환경에 미치는 영향 및 예측 가능한 편익들에 대해 구체적이고 현실적인 연구와 실천이 뒷받침 되어야 할 것이다.

[논문접수일 : 2004. 10. 5. 최종논문접수일 : 2004. 11. 30.]

참 고 문 헌

1. 熊崎 實. 2003. 바이오매스利用は日本の農林業を変えられるか. 農業と經濟.

2. 安田昭彦. 2003. 바이오매스니ッポン總合戰略に關する政策の展開. 農業と經濟.
3. 内藤正明・楠部孝誠. 2003. 循環型社會におけるバイオマス利用の可能性. 農業と經濟.
4. 中村 修. 2003. 바이오마스から見る循環型社會と農學. 「農業と經濟.
5. 池上甲一. 2003. 바이오마스에너지と地域農業の再編成. 農業と經濟.
6. 農水省, 2002. 바이오마스니ッポン總合戰略」, 閣議決定資料.
7. 藤本 潔. 2004. 바이오마스니ッポン總合戰略と日本農業の轉換. New Farmer Vol. 57.
8. www.energyvision.org
9. www.kier.re.kr
10. www.cheric.org
11. www.seph.com.ne.kr
12. www.jbnacla.net