

# 일본, 목질 바이오매스 에너지 이용

바이오매스는 생물에서 유래하여 지속적으로 재생 가능한 자원이며, 제품으로써 또는 에너지로써 이용할 수 있다. 일본에서는 1950년대 초반까지 생활 에너지의 약 40%를 목탄과 땔감이라고 하는 목질 바이오매스에 의존하여 왔지만, 그 후 고도경제성장과 에너지혁명의 진전으로 화석연료를 대량 소비하게 되어 신탄재 수요는 감소하게 되었다. 그러나 근래 지구 온난화문제와 폐기물문제, 순환형 사회의 구축이라는 관점에서 목질 바이오매스의 에너지이용에 새롭게 주목하고 있다.

## 1. 목질 바이오매스 이용의 의의

목재는 가공에 필요한 에너지소비가 적고, 이산화탄소를 장기 저장하며 제품의 재이용이 용이하다는 점에서 친환경적인 특성을 가지고 있다. 그리고 목재를 태울 때 발생하는 이산화탄소는 원래 대기 중에 있던 것을 광합성 작용에 의해 고정한 것이므로 적절하게 이용하면 대기 중의 이산화탄소를 증가시키지 않는다. 이를 탄소중립적(carbon-neutral) 특성이라 한다.

또한 목질 바이오매스의 연소 과정은 화석연료와 비교해서 아황산화물과 질소산화물이 거의 발생하지 않으므로 환경 부담이 적은 청정에너지라 할 수 있다.

이처럼 친환경 소재인 목질 바이오매스는 석유 등의 대체에너지로 이용하여 화석연료의 소비를 줄이고 이산화탄소의 발생을 억제하는 것이 가능하다. 그러나 바이오매스 자원은 소규모로 분산되어 존재하고 있어서 수집과 수송에 비용이 소요되고, 화석연료에 비해 단위중량당 발열량이 적은 결점이 있기 때문에 이를 극복하기 위한 기술 개발과 효율적인 수집·수송 시스템의 구축이 중요하다.

무엇보다 목질바이오매스의 이용확대는 임업 및 목재산업의 생산활동과 불가분의 관계이므로 다양한 산림의 정비 및 보전, 임업 주체의 육성과 확보, 목재산업의 구조 개혁 등과 함께 추진해 나아가는 것이 중요하다.

## 2. 목질 바이오매스 활용의 동향

일본에서 목질바이오매스 활용에 관한 주요 시책은 크게 변화하고 있는데, 그 주요 흐름은 아래와 같다.

### 2.1. 삼림·임업기본계획

2001년 10월에 내각에서 결정된 ‘삼림·임업기본계획’은 지구 온난화의 방지, 산림의 다면적 기능의 고도발휘를 도모하고 임산물의 신규 수요를 개척하기 위해 바이오매스 에너지의 이용체계 정비를 정하고 있다.

### 2.2. 신에너지로서의 바이오매스

2002년 1월에 ‘신에너지 이용의 촉진에 관한 특별조치법 시행령’을 일부 개정하여 바이오매스(연료제조, 열이용, 발전)도 태양광발전, 풍력발전 등과 함께 신에너지로서 법적인 인정을 받게 되었다.

또, 2003년 4월에 시행된 ‘전기사업자에 의한 신에너지 등의 이용에 관한

특별조치법'(통칭 RPS법)은 전기사업자에게 그 판매전력량의 일정 비율(2003년의 이용목표율은 0.88%)을 신에너지에서 창출되는 전기 이용을 의무화하였는데, 풍력 및 태양광과 함께 바이오매스에서 유래하는 전기도 그 대상으로 정하고 있다.

이들 법령에서 '바이오매스'라는 것은 '동식물에서 유래하는 유기물로서 에너지원으로 이용 가능한 것(원유, 석유가스, 가연성 천연가스 및 석탄 등에서 제조된 것은 제외)'이라고 정의되어 있다.

### 2.3. 지구온난화대책추진대강

2002년 3월에 책정된 새로운 '지구온난화대책추진대강'에는 이산화탄소 배출 삭감을 위한 신에너지 대책으로서 바이오매스 발전 33만kW(원유환산으로 34만KL 상당), 바이오매스 열이용 67만KL(원유환산)를 2010년 목표로 제시하고 있다. 그리고 온실효과가스 흡수원 대책 가운데 산림에 의한 3.9%의 이산화탄소 흡수량을 확보하기 위해 삼림·임업대책의 하나로서 임지잔재, 제재공장의 폐잔재를 목질 바이오매스 에너지로 활용하는 것이 명시되어 있다.

그러므로 지구 온난화대책에서 목질 바이오매스의 에너지 이용은 이산화탄소의 배출량 삭감뿐만 아니라 그 이용의 촉진을 통해서 이산화탄소의 흡수원인 산림의 정비에도 기여하는 것이다.

### 2.4. 지구온난화방지 산림흡수원 10개년 대책

2002년 12월, 일본 농림수산성은 산림에 의한 이산화탄소 흡수량을 높이기 위하여 '지구온난화대책추진대강'에서 제시된 '지구온난화방지 산림흡수원 10개년 대책'을 결정하였다.

그 중에서 '건전한 산림의 정비', '보안림의 적절한 관리 및 보전의 추진', '국민이 참가하는 숲 가꾸기의 추진', '흡수량의 보고 및 정비체제의 강화'와 함

께 ‘목재 및 목질 바이오매스의 이용 추진’을 주요 대책의 하나로 언급하고 있다.

## 2.5. 바이오매스 일본 종합전략

바이오매스의 종합적인 활용에 관한 전략으로서 2002년 12월에 각의 결정된 ‘바이오매스 일본 종합전략’은 목질바이오매스에 관하여 ‘산림정비에 따라 발생하는 임지잔재에 대해서 목재생산 시스템과 연계하여 효율적인 생산·반출·유통 시스템의 구축’, ‘목질계 폐재, 미이용재에 대해서 가정과 공공시설에서의 에너지 이용 추진’, ‘목재건조용 열원으로서 이용’을 제시하고 있다.

## 2.6. 바이오매스 연료 개발 동향

바이오매스로부터 생산된 에탄올을 자동차연료용 가솔린에 혼입하여 사용하는 것이 언론에 보도되고 있다. 2001년도 운송부문의 이산화탄소 배출량은 기준년 1990년도에 비해서 22% 정도 증가하였기 때문에 탄소중립적인 바이오매스 유래의 에탄올은 새로운 자동차용 연료로서 관계자들의 주목을 끌고 있다.

경제산업성의 자원에너지조사회는 에탄올 혼입을 3%까지 허용하고, 환경성의 중앙환경심의회도 1.3질량%(에탄올 환산으로 약 3.5%)의 혼입을 허용할 예정이다. 그리고 주유소의 위험물 보안대책을 소관하는 소방청도 바이오 연료의 안전성을 검토하고 있다.

일본의 연간 가솔린 소비량은 약 6,000만KL로 3% 혼입을 가정하면 필요한 에탄올의 양은 약 180만KL에 이른다.

목재에서 에탄올을 만드는 것은 기술적으로 가능하지만 전분을 주성분으로 하는 농산물에 비해서 제조공정이 다단계(칩화, 탈리그닌, 당화, 정제)이며 생산비가 높기 때문에 혁신적인 제조기술의 개발이 필요하다.

## 2.7. 바이오매스에 관계된 구조개혁특구

‘구조개혁특구’는 지방공공단체와 민간사업자의 자발적인 입안으로 지역 특성에 따라 규제 특례를 도입하여 특정 지역에서 구조 개혁을 추진하는 제도이다.

바이오매스에 관해서 ‘구조개혁특구에서 사용 후의 제품 또는 부산물을再生资源으로 이용하고, 유류의 원료로 부정하게 사용될 우려가 없는 알코올 제조는 알코올사업법에 의한 유통관리 규정을 적용하지 않는다’고 되어 있다. 또 폐목재의 용광로 투입에 대해서 ‘재생인정제도의 특례대상으로서 적절한 조치를 취한 후 쉽게 부패하지 않는 폐목재를 제철원료로 이용하는 것은 폐기물처리법에 의한 시설 및 사업 허가를 요하지 않는다’고 정하고 있어 이들 제도를 활용할 수 있다.

## 3. 일본의 목질바이오매스 자원의 발생과 이용

일본목재총합정보센터의 조사에 의하면 제재공장과 합판공장에서 발생하는 수피와 단재는 연간 약 1,510만<sup>m</sup>로 추정되며 그 중 36%가 목재 칩으로, 24%가 가축사료로, 22%가 연료로, 11%가 기타로 이용되는 등 전체의 93%가 유효하게 이용되고 있으나 나머지 7%인 약 100만<sup>m</sup>은 폐기물로 소각·폐기되는 실정이다.

또, 임업 생산활동에서 발생하는 초단부, 미이용 간벌재, 소나무재선충 피해목 등 임지잔재는 연간 약 970만 톤으로 추정되나 그 대부분은 임지에 방치되고 있다.

그리고 주택을 해체할 때 발생하는 건설발생목재는 국토교통성의 ‘2000년

도 건설부산물실태조사결과'에 의하면, 전국에서 연간 약 480만 톤이 발생하며, 그 중 재자원화되고 있는 것은 38% 정도이다. 미이용 부분을 비중 0.4를 적용하여 재적으로 환산하면 약 740만<sup>3</sup>m<sup>3</sup>이 된다.

그 외 목질 바이오매스에는 도로지장목, 댐수몰목, 공원과 가로수의 전정가지, 폐팔레트 등이 있다.

이 중에는 목질 바이오매스가 자원이 아닌 폐기물로 다루어져 활용되지 못하고 버려지는 데에 공적인 지원이 이루어지는 것도 있기 때문에 이중으로 자원낭비가 이루어지고 있다. 그러므로 이러한 흐름을 지역의 창의와 노력, 국가의 정책적 지원으로 개선하고자 노력하고 있다.

## 4. 목질 바이오매스 에너지 이용시설의 도입현황

### 4.1. 목재산업에서 열·전기의 이용현황

일본 임야청이 목재산업을 대상으로 수행한 조사에 의하면 275개의 제재공장이 수피와 단재를 에너지로 이용하고 있다. 시설 내역으로는 목질자원이용보일러가 300기인데, 주로 목재건조와 합판의 열증, 공장내 난방에 그 열을 이용하고 있다. 또 발전기는 대규모 합판메이커를 중심으로 33기가 도입되어 있다<표 1>.

2001년도 조사와 비교하면 시설수가 증가하고 있으며 폐기물의 소각에 대해서 「다이옥신류 대책특별조치법」과 「폐기물의 처리 및 청소에 관한 법률」로 규제가 강화되었기 때문에 목재산업에서도 발생하는 수피와 단재를 바이오매스 에너지로 이용하려는 움직임이 높아지고 있다.

표 1 2002년도 일본 목재산업의 바이오매스 에너지 이용

(단위: 기)

	바이오매스 에너지 이용 시설수			비고
	톱밥 보일러	발전기	기타	
목재산업	(243) 300	(25) 33	(37) 10	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ 톱밥보일러는 목재건조, 열압축, 난방 등에 이용</li> <li>▪ 발전된 전기는 주로 공장내에서 이용(판매하는 경우도 있음)</li> <li>▪ 목재산업의 기타에는 연소건조기를 포함</li> </ul>
제지	(8) 13	(17) 47	(2) 3	
가구	(9) 18	(6) 6	(0) 0	
기타	(41) 36	(1) 4	(4) 5	
계	(301) 367	(49) 90	(43) 18	

자료: 일본 임야청, ( )안은 2001년도 조사결과

그런데, 종래 발전된 전기는 공장내 동력원으로써의 이용에 머물렀으나, RPS법의 시행을 계기로 전력회사에 전기를 판매하는 목재관계 기업과 협동조합도 나타나고 있다. 임야청의 보조사업을 활용한 발전시설은 <표 2>와 같다.

#### 4.2. 펠릿 제조시설의 증가

펠릿은 수피와 단재를 미분화해서 건조·압축한 직경 6~10mm, 길이 10~20mm 정도의 원기둥 모양의 목질연료인데, 목재성분의 리그닌으로 성형된 것이다. 펠릿화하는 것은 취급과 보관이 쉽고 수송효율이 높아지며 자동연소가 가능하게 되는 장점이 있다.

1970년대 후반 전국에서 20개 이상의 펠릿공장이 있었지만 석유가격이 저하되면서 최근 3개 공장(생산량은 합계 2천여톤)이 생산하는 것에 불과하다.

표 2 임야청 지원에 의한 목질바이오매스 발전시설의 개요

秋田縣 熊代市		静岡縣 静岡市	
시설규모	3,000kW	시설규모	230 kW
사업비	1,464백만엔	사업비	220백만엔
사용연료	53,160톤/년	사용연료	3,959톤/년
사업주체	熊代삼림자원이용협동조합	사업주체	静岡제재협동조합
사업명	임업구조개선사업	사업명	목질바이오매스에너지이용촉진사업
사업실시년도	2001~2002년도	사업실시년도	2003년도
岐阜縣 白川町		宮崎縣	
시설규모	600kW	시설규모	1,200kW
사업비	562백만엔	사업비	490백만엔
사용연료	9,000톤/년	사용연료	21,120톤/년
사업주체	東濃 편백제품유통협동조합	사업주체	협동조합우드에너지
사업명	목질에너지이용촉진사업	사업명	임업구조개선사업
사업실시년도	2002년도	사업실시년도	2001~2003년

자료 : 일본 임야청(2003)

그러나 목질 바이오매스 에너지 이용을 확대하려는 움직임이 활발해지고 임야청의 보조사업을 활용한 펠릿 제조시설이 증가하면서 지방자치단체에서 펠릿을 연료로 이용하는 보일러와 난로를 도입하는 사례가 증가하고 있다.

2002년 8월에는 大阪府산림조합 三島지점, 2003년 3월에는 埼玉縣의 西川 지역목질자원활용센터(飯能市)의 제조시설이 각각 완성·제조를 개시하였고, 長野縣의 上伊邦산림조합(高遠町), 岩手縣의 케센프리카트협동조합(住田町), 山形縣의 협동조합우드에너지(寒河江市)에서도 펠릿 제조시설의 건설을 추진하고 있다.

이러한 움직임을 통해서, 오사카의 사례처럼 지역적인 地產地消에 의한 바이오매스의 순환적인 이용 시스템의 구축을 목표로 보다 폭넓은 지역활성화의 움직임이 싹트고 있다.



그리고 이외에도 福島縣의 會津若松市에서는 東北전력의 자회사가 댐에 수몰되는 나무를 활용해서 펠릿을 제조하는 등 목재산업이외에도 확산되고 있다.

이들 펠릿제조시설의 연간 총생산량은 약 5,000~6,000톤으로 추정되지만, 바이오매스 이용의 선진국인 스웨덴은 약 78만 톤, 미국에서는 약 60만 톤을 생산하고 있다.

#### 4.3. 펠릿 난로의 개발

펠릿을 연소하는 데는 전용 난로와 보일러가 필요하다. 과거에는 일본에서도 펠릿 난로를 생산한 적이 있지만 근래에는 미국, 캐나다, 스웨덴 등의 수입품이 대부분이다.

그러나 펠릿제조시설의 증가와 함께 岩手縣, 山形縣, 埼玉縣에서 현과 민간기업이 협력하여 일본의 기후·주거에 어울리는 펠릿난로(FF식의 팬히터와 같은 조작성과 성능을 가지고 있으며 리모컨, 자동점화, 타이머도 장착)를 개발하고 있어 향후 공공시설과 가정에 보급될 것으로 기대된다.

#### 4.4. 에너지 다소비형 산업의 동향

석탄수입량의 약 40%를 소비하는 전력산업 그리고 최종 에너지소비의 약 30%를 차지하는 시멘트, 제지, 화학, 제철 등의 에너지 다소비형 산업은 지구 온난화 방지와 신에너지 이용의 확대를 위해 석탄 등 화석연료의 일부를 목질 바이오매스 에너지로 대체를 시도하고 있다. 화력발전소에서 석탄과 목재의 혼합 연소, 제철업에서는 코크스의 대체, 시멘트 킬른에 목재칩의 투입 등 일부에서는 실용플랜트도 가동하고 있다. 또 한편으로 기초조사와 연구를 추진하고 있으므로 이들 산업의 목질 바이오매스 이용의 시도에 대해서 임업·목재관계자는 목질 바이오매스를 안정적으로 공급할 수 있도록 대응해 나가야 한다.

## 5. 구체적인 도입사례

### 5.1. 秋田縣 熊代市

熊代지역은 제재공장이 많아 여기에서 발생하는 잔재의 처리가 문제가 되어 지역 내 산림조합과 제재업자들이 조직한 熊代산림자원이용협동조합에서 3,000kW급의 목질 바이오매스 발전시설을 2003년 2월부터 가동하고 있다.

이 시설은 조합원의 제재공장에서 배출된 수피와 단재를 연료로 하며 인접 보드류 공장에 열과 전기를 공급함과 동시에 전력회사에 전기판매도 추진하고 있다.

### 5.2. 岩手縣

1998년에 「岩手縣 신에너지비전」을 수립하여 바이오매스 에너지의 활용을 추진하며, 지사의 리더십과 岩手 목질바이오매스연구회의 활발한 활동으로 바이오매스 이용의 선진국인 스웨덴과 교류를 시작하였으며, 현의 농업기술센터에서 펠렛난로를 개발하고 현의 임업기술센터에서 칩보일러를 도입하는 등 현의 조직을 적극 활용하여 목질바이오매스의 이용확대에 나서고 있다.

또, 기초 자치단체에서도 목질 바이오매스 에너지의 이용에 적극 나서서 住田町에서는 펠렛 제조시설을 갖추고, 紫波町에서는 소학교와 보육소에 펠렛보일러를 도입하고, 陸前高田市에서는 급식센터에 칩보일러를 도입하는 등 공공시설을 중심으로 목질 바이오매스를 적극 이용하고 있다.

岩手縣에서 도입하는 칩보일러는 함수율이 100%를 넘는 생칩을 직접 연소

할 수 있는 것이지만 이러한 보일러가 도입되는 배경은 제지업계의 폐지 재이용률이 상승하면서 원목칩의 수요가 감소하였기 때문이다.

### 5.3. 埼玉縣 西川地域

埼玉縣의 임업지로서 유명한 西川지역에서는 약 40개의 제재공장이 西川지역목질자원활용센터를 설립하여 飯能市에서 펠릿을 생산하고 있다.

조합원의 공장에서 발생하는 수피를 원료로 하는 펠릿인데, 생산된 펠릿은 名栗村의 공영온천에 설치된 펠릿 보일러와 목재건조의 열원으로 이용하고 있다.

### 5.4. 千葉縣 君津市

‘바이오매스立縣 千葉’를 지향하는 千葉縣은 식품폐기물, 가축배설물, 목질 자원 등에서 바이오매스의 활용을 추진하고 있다.

목질 바이오매스 분야에서는 君津市の 제재업자, 주택건설회사 등이 千葉 바이오매스이용촉진협동조합을 설립하여 지역 내에서 연간 5만매 이상 발생하지만 대부분 버려지는 목질팔레트를 제재품의 연소건조용 열원으로 활용하고자 시도하고 있다.

### 5.5. 長野縣 上伊邦 지역

上伊邦지역에서는 행정과 임업·목재관계자가 주체가 되어 「伊邦谷산림 바이오매스이용연구회」를 세워 지역 주민을 대상으로 목질 바이오매스에 관한 연구회와 전시회 등의 활동을 하고 있다.

지역 활동과정에 지역의 산림자원을 에너지로 이용하는 구상이 제기되어, 上伊邦산림조합이 高遠町에 펠릿제조공장을 세우게 된 것이다. 생산된 펠릿은 지역의 75개 학교와 공공시설에 설치되는 펠릿난로에서 이용할 것이다.

## 5.6. 山口縣

宇部興産(株)은 山口縣 산림조합연합회와 목질바이오매스 구입 협정을 체결하고 임야청의 탈화석연료형산업지원대책사업을 활용하여 기존 55,000kW급의 자가발전시설에서 석탄과 바이오매스의 혼합연소를 위해 목질바이오매스 투입 설비와 목재파쇄시설을 건설하고 있다.

## 5.7. 大分縣 津久見市

太平洋시멘트(株)는 지역 산림조합과 목질바이오매스 자원 구입협정을 체결하고 임야청의 환경배려형산업지원대책사업을 활용하여 목재를 칩화하는 설비와 칩을 키룬에 투입하는 설비를 설치하여 연간 약 2만 톤의 목질바이오매스를 구입하고 석탄대체연료(연간 약1만 톤의 석탄사용량 절감에 상당)로 이용하고 있다. 그리고 목재 소각 후 발생하는 재는 시멘트의 원료가 된다.

## 6. 일본 임야청의 시설

임야청은 목질 바이오매스 에너지 이용 추진을, ①순환형사회의 구축과 지구 온난화방지에 공헌, ②산촌지역에서 자원의 활용을 통한 새로운 산업의 육성 및 고용 창출 ③삼림·임업·목재산업의 새로운 형태 창출이라는 관점에서 목재의 액화·가스화 등 기술 개발, 목재건조용 목질자원이용 보일러의 정비, 수요개척을 위한 조사를 수행하고 있다.

또, 국유림사업에서도 국유임야내의 풍력, 소규모 수력, 산림바이오매스 3개의 자연에너지 자원에 대하여 이용가능성을 검토하고 자연에너지를 이용한 발전시설용지로서 국유임야를 대부할 수 있도록 조치하는 등 지구 온난화방지와 지역진흥의 관점에서 자연에너지 이용을 추진하고 있다.

2003년도에는 ‘바이오매스 일본 종합전략’에 따라 목질바이오매스 에너지 이용촉진사업의 예산액을 약 3배로 확대하여, ①펠렛 제조시설, ②바이오매스 발전시설, ③공공시설의 목질자원이용보일러와 펠렛 난로의 도입 등을 중점 추진하고, 목질바이오매스 이용의 최대 과제인 임지잔재의 활용 제고를 위해 임지잔재의 수집, 운반의 효율화를 위해 터보그라인더의 정비도 추진하고 있다.

그리고 임업개선자금법을 개정하여 임업분야뿐만 아니라 목재산업분야를 용자대상에 추가하였다. 그리하여 제재공장에서 단재를 에너지로 이용하는 시설을 설치할 때 임업·목재산업개선자금(무이자)의 용자가 가능해져 목재산업의 목질바이오매스 이용을 지원하게 되었다.

2003년도부터 지역재의 이용을 촉진하기 위해 지방재정조치가 확충되어 새롭게 목질 바이오매스 에너지 이용을 촉진하는 방안에 대해서 보통 교부세가 조치되었으며 광역 자치단체와 기초 자치단체의 단독사업에 활용할 수 있도록 지원하고 있다.

## 7. 종합

일본 경제동우회는 2003년 12월 향후 30년 동안 인공림의 부흥림화와 임업의 자립을 목표로 하는 ‘그린플랜’을 발표했다. 이 중에는 인공림 간벌을 철저히 하는 복층림화, 산림자원의 다단계적 이용, 바이오매스 에너지의 이용 등이 제안되어 있지만, 간벌실시에 따라 발생하는 목질 바이오매스의 에너지 이용이 그 중심내용이다.

최근의 자연지향과 에너지절약 지향이 높아지면서 목질 바이오매스이용에 관계된 지역의 NPO 활동도 활발해지고 있는데, 2003년에 그 단체수는 80여

개에 이른다. 특히 岩手縣과 長野縣 上伊邦지역에서는 이들 단체가 목질 바이오매스 이용의 보급개발에 크게 기여하고 있다.

이처럼 목질 바이오매스의 이용은 단순히 임업·목재산업 관계자만이 아니라 경제계와 지역 주민의 관심을 끌고 있기 때문에 앞으로 국민전체의 이해를 구하면서 이용확대를 추진하여 삼림·임업·목재산업의 활성화, 나아가서 지구 온난화 방지와 순환형 사회 구축에 기여할 것으로 기대된다.

자료 : 일본 임야청  
(민경택 [minkt@krei.re.kr](mailto:minkt@krei.re.kr) 02-3299-4196 한국농촌경제연구원)