

일본, 바이오매스 종합전략 목표 발표

박 기 환*

일본은 2002년 12월에 ‘바이오매스 일본 종합전략’(이하 ‘본전략’)이 각의 결정되었으며, 이에 기초해 계획적인 시책추진을 도모해 왔다. 그러나 그 동안 2005년 2월에 교토의정서가 발효되었고, 실효성 있는 지구온난화 대책의 실시가 매우 중요한 과제로 대두 되는 등 바이오매스 이·활용을 둘러싼 정세가 변화하고 있다.

이로 인해 바이오매스 이·활용 현황과 과제 검증을 통해 새롭게 종합전략을 책정하고, 향후 중점적으로 추진해야만 하는 과제나 시책을 명확히 하고자 한다. 이 때문에 일본은 2006년 3월 31일 새롭게 ‘바이오매스 일본 종합전략’을 발표하였으며, 여기서는 종합전략의 목표에 대해서만 정리한다.

1. 2030년 ‘바이오매스 일본’의 모습

에너지나 제품으로써 바이오매스를 종합적으로 최대한 활용하고, 지속적으로 발전 가능한 사회 ‘바이오매스 일본’을 실현하는데 있어 우선, 국민에게 ‘바이오매스 일본’의 모습을 인식시키는 것이 필요하다.

이하에서는 현재 진행되고 있는 바이오매스의 이·활용에 관한 기술개발

* 한국농촌경제연구원 kihwan@krei.re.kr 02-3299-4331

성과나 선진적인 추진이 전국에 보급되고, 더욱이 향후 기술개발 전개를 전망한 모습의 이미지를 나타내고 있다.

국민 한 사람 한 사람 속에 우리들 주변에 있는 바이오매스는 자원으로써 이·활용되는 것이라는 의식 및 생활습관이 정착되어 폐기물계 바이오매스의 발생제어가 진행된다. 바이오매스의 생산·변환에 있어서는 적절한 질소 순환 등의 환경 배려나 부가가치가 높은 제품·에너지를 만들어 내거나 단계적으로 제품이나 에너지로 변환되는 추진이 진행되어 생활 속에 바이오매스의 이·활용이 보급된다.

가정이나 외식산업, 소매점 등에서 배출되는 쓰레기는 재생이용하기 쉬운 형태로 분리해 수집되어 퇴비 등에 이용되거나 탄화 혹은 메탄가스화 되어 에너지로써 이용된다. 식품가공 잔존물 등과 같이 성질과 상태가 균일한 자원을 모아 배출되는 것은 사료로의 이용도 추진되어 사료자급률 향상에도 기여한다.

하수오니(下水汚泥)나 가축 배설물로 만들어진 퇴비 등의 제품 품질 향상이 도모되어 수요층의 사용을 편리하도록 한다. 에너지로써의 이용도 진전되며, 산출되는 열이나 전기는 시설 내뿐만 아니라 인근 시설에도 공급된다.

건설발생 목재는 제지원료 등의 제품이용을 우선적으로 진행시키는 이외에 제품이용이 불가능한 것은 발전용 연료로써 이용, 연료용 에탄올 등의 열 이용이 진전된다.

벼짚은 효율적인 회수로 사료로써의 이용이 추진되어 조사료 자급률이 100%로 되는데 공헌한다. 또한 농작물이 식용뿐만 아니라 제품이나 에너지 원료로써 비식용에 이용된다. 농업기계에도 바이오매스 유래 연료가 이용되는 이외에 양질 퇴비의 안정적 공급이 도모되고, 경축(耕畜)연휴가 진행됨에 따라 환경보전형 농업이 진전되는 등 농업생산 현장의 모습이 변모한다.

간벌재를 포함한 임지잔재(林地殘材)는 그 이·활용이 건전하고 활력 있는 산림 육성에 연결되어 지구온난화 방지나 국토보전, 수자원 함양 등 산림이 지닌 다면적 기능의 유지증진에 기여한다는 국민의 이해가 심화된다. 이와 함께 생산·유통·가공의 대폭적인 비용 절감으로 제품이나 에너지로써의 이·활용이 진행된다.

이와 같은 것으로 인해 폐기물계 바이오매스 및 미이용 바이오매스의 대부분이 제품 혹은 에너지로써 최대한 유효·체계적으로 이·활용되고, 바이오매스 타운이 전국적으로 구축된다. 또한 유기성 폐기물에 대해서는 제로 에미션(zero-emission) 사회가 실현된다.

수송용 기계의 동력원이 다양화되는 가운데 액체연료로써는 바이오 에탄올이나 바이오 디젤 연료 등의 이·활용이 진행된다. 각 지역에 있어 다양한 바이오매스를 이용한 발전 및 열 이용이 이루어지고, 자가 수요나 인근 전력 수요의 일부를 조달하는 등 에너지 지산지소가 실현된다. 바이오매스 플라스틱은 환경으로의 영향이 적은 시스템이 확립되어 많은 제품에 이용된다.

2. ‘바이오매스 일본’의 진전 시나리오

바이오매스에 관련된 모든 사람들의 공통이해를 양성하는데 이바지하기 위해 ‘바이오매스 일본’의 진전 코스를 가능한 한 명확히 할 필요가 있다. 이 경우 ‘바이오매스 일본’의 진전을 좌우하는 중요한 요소이자 이·활용 대상인 바이오매스의 전개방향 및 바이오매스 이·활용 기술의 발전방향은 이하와 같이 예상할 수 있다.

2.1. 바이오매스 종류에 대응한 이·활용 전개방향

바이오매스는 생물로 인해 생산되므로 ‘넓고 얇게’ 존재하는 특성을 지니고

있다. 따라서 수확에 관계되는 비용 및 수확량에 의한 변환효율이 이·활용의 용이함을 크게 좌우하게 된다.

2.1.1. 폐기물계 바이오매스

우선 폐기되는 종이, 가축 배설물, 식품 폐기물, 건설발생 목재, 흑액, 하수오니라 일컫는 폐기물계 바이오매스는 그 이·활용에 관련되는 비용면 등 경제성을 고려할 경우 역유상 즉, 폐기물처리비를 부가해 수집되는 것도 있어 당해 비용을 이·활용을 위한 코스트로 사용할 수 있으며, 이·활용이 비교적 빨리 진전되고 있어 향후에도 이용률이 향상될 것으로 예상된다.

현 시점에서 폐기물계 바이오매스 중 꽤 많은 양이 1개소로 집적되고 있는 것으로서 식품 폐기물, 건설발생 목재, 하수오니 등이 있다. 식품 폐기물이나 건설발생 목재는 식품순환자원 재생이용 등의 촉진에 관한 법률, 건설공사에 관련되는 자재의 재자원화 등에 관한 법률 등 개별 리사이클법 규제와 더불어 전체 에너지나 제품으로써 이·활용되고 있다. 그러나 향후 제도의 침투, 수집·수송, 변환 효율화 등으로 인해 그 이·활용이 진전될 것으로 기대된다.

하수오니는 이제까지 이·활용 중심이었던 제품으로써의 원료 이용뿐만 아니라 타 바이오매스와의 혼합처리나 에너지 이용의 진전으로 한층 효율적인 이·활용이 기대된다. 가축배설물은 가축배설물 관리의 적정화 및 이용 촉진에 관한 법률의 본격시행으로 적정한 관리가 이루어지게 되었다. 그 상당량이 퇴비로써 이용되고 있지만, 지역에 따라서는 수급 불균형이 발생하고 있어 향후 이들 지역간 퇴비의 유통이나 에너지 이용도 포함된 지역 수요에 대응한 이·활용 진전이 기대된다.

폐기물계 바이오매스의 연간 부존량은 습윤(濕潤)증량으로 약 3억 2,700만 톤, 건조증량으로 약 7,600만톤이 예상된다. 이것을 에너지로 환산하면 약 1,270PJ(원유환산으로 약 3,280만kℓ)에 상당한다. 또한 탄소량으로 환산하면

약 3,050만톤에 해당되며, 이것은 일본에서 생산되고 있는 플라스틱에 포함되어 있는 전 탄소량의 약 3배에 상당한다.

2.1.2. 미이용 바이오매스

2010년을 전망해 보면, 현 시점에서는 수집비용 면으로부터 농지로 방치되는 미이용 농작물 비식용부, 임지잔재라 일컫는 미이용 바이오매스가 생산·배출자 측의 노력을 포함한 효율적인 수집 시스템 확립, 일관된 임업비용 전반의 축감을 도모하는 시스템 도입 등으로 생산·유통·가공 비용 절감, 제품·에너지 이용의 확대를 목표로 한 추진 강화나 전력수요 창출, 더욱이 새로운 기술을 활용한 비즈니스 모델 도입 등으로 그 이·활용이 진전될 것으로 기대된다.

미이용 바이오매스의 연간 부존량은 습윤중량으로 약 1,700만톤, 건조중량으로 약 1,500만톤이 예상된다. 이것을 에너지로 환산하면 약 260PJ(원유환산으로 약 660만kℓ), 탄소량으로 환산하면 약 640만톤에 상당한다.

2.1.3. 자원작물

현 시점에서는 사탕수수 등에서 바이오 에탄올을 조제하고, 가솔린과의 혼합연료로써 이·활용하는 등의 실험·실증 레벨의 추진이나 지역에서 전시적 추진 등에 머무르고 있다. 그러나 2020년경에는 에너지나 제품으로의 변환효율이 대폭 향상되고, 바이오매스에 대해 원료대를 지불해도 화석자원으로 유래하는 에너지 가격이나 제품가격에 대항할 수 있게 될 것으로 기대된다. 이 경우 에너지원이나 제품원료를 목적으로 미이용지에 이른바 ‘자원작물’이 재배될 것으로 추측된다.

자원작물의 연간 부존량을 시산해 보면, 습윤중량으로 약 2,200만톤, 건조중량으로 약 1,300만톤이 예상된다. 이것을 에너지로 환산하면 약 240PJ(원유환산으로 약 620만kℓ), 탄소량으로 환산하면 약 600만톤에 상당한다.

2.1.4. 신작물

2050년경에는 해양식물이나 유전자조작 식물이라 일컫는 신작물로 효율적인 바이오매스 생산의 가능성을 포함해 비약적으로 생산량이 증대할 것으로 기대된다.

폐기물계 바이오매스, 미이용 바이오매스, 자원작물의 연간 부존량을 단순히 합산하면, 전체를 에너지로 환산할 경우 약 1,800PJ(원유환산으로 약 4,600만kl), 탄소량으로 환산하면 약 4,300만톤(국내에서 생산되는 플라스틱에 포함된 전체 탄소량의 약 4.3배)에 상당한다.

2.2. 바이오매스 이·활용 기술의 전개방향

바이오매스를 에너지 또는 제품으로 변환하는 기술은 즉시 실용화되고 있는 것부터 실증 혹은 연구개발 단계에 있는 것까지 완성도가 다른 다양한 기술이 있으며, 주변기술도 포함해 연구·기술개발이 진전되고 있다.

2.2.1. 효율성 높은 수집·변환기술 개발·실용화

바이오매스 이·활용의 추진에 있어 경제성 향상을 도모하는 것이 요구되고 있으며, 이를 위해서는 수집·변환효율이 높은 기술, 바이오매스 자원의 수집·운반을 효율적으로 운용하는 물류 시스템을 개발·실용화하는 것이 매우 중요하다.

일본에는 예부터 양조업 등을 통해 우수한 과학기술이 축적되어 있어 이를 기초로 바이오 테크놀로지가 급속히 발전하고 있다. 최근에는 열·압력이나 화학 등으로 인한 이화학적인 바이오매스 변환기술의 진전뿐만 아니라 바이오 테크놀로지를 활용하여 생물화학적인 프로세스를 이용해 효율이 높은 바이오매스의 변환기술이 전개되는 등 획기적인 기술의 실용화가 기대된다.

2.2.2. 바이오매스·리파이널 구축

이용자의 다양한 니즈로의 대응, 바이오매스 유래의 에너지나 제품의 폭넓은 용도로의 이·활용을 실현하기 위해 바이오매스에서 얻어진 연료나 물질의 다양화, 고부가가치화에 대해 추진할 필요가 있다.

이를 위해서는 에너지로써도 제품으로써도 이·활용할 수 있는 바이오매스의 특성을 활용하고, 바이오매스를 원료로 다종다양한 연료나 유용물질을 체계적으로 생산하는 ‘바이오매스·리파이널’ 구축이 유효한 수단이다. 화석자원에 의한 ‘오일·리파이널’에서 발전을 이룬 일본에 있어 적극적으로 도입을 추진해갈 필요가 있다.

2.2.3. 바이오매스의 캐스케이드(cascade)적 이용

바이오매스를 자원으로 충분히 활용하기에는 원칙으로써 바이오매스를 바로 연소시켜 CO₂로 되돌리는 것이 아니라 제품으로써 가치가 높은 순으로 가능한 한 길고 반복 이용한다. 그리고 최종적으로 연소시킨 에너지를 이용하는 캐스케이드적(다단계적) 이용이 개개 기술개발의 추진에 덧붙여 요구되어진다. 이를 위해서는 종래 따로따로 행해져 왔던 개개 기술개발을 시스템으로써 체계화하고, 실용화하는 것이 급선무이다. 또한 이 때 질소, 인 등 영양염류에 대해서도 환경을 배려하면서도 순환적인 이·활용을 도모하는 것이 중요하다.

2.2.4. 타 분야와의 연휴·주변기술 개발

바이오매스 변환기술의 실용화에 있어는 장래적인 기술개발과 연결되는 기초연구의 추진과 함께 생명과학 분야뿐만 아니라 시스템공학을 시초로 하는 공학계 분야, 이·활용 촉진을 위한 사회 시스템이나 경제성 평가 등 인문·사회과학 분야와의 연휴, 바이오 테크놀로지, 나노 테크놀로지 등 첨단기술의 연구세력과의 연휴, 산학관 협력이 중요하다. 이들 다방면의 지식을 종합적으로 활용하면서 기술개발·실용화를 추진해가는 것이 반드시 필요하다.

또한 수집·변환기술뿐만 아니라 예를 들면, 메탄 발효로 발생하는 폐수의

처리기술 등 주변기술의 개발·실용화가 동시에 추진될 필요가 있다. 이 외에 에너지로써의 이·활용은 ‘넓고 얇게’ 존재하는 바이오매스의 특성으로 인해 지역에서 효율적으로 이용할 수 있는 소규모 분산형 시스템의 개발·도입을 진전시키는 것도 중요하다. 바이오매스의 생산·수입에서 변환, 이용에 이르는 각 요소기술이 일체화 되어 바이오매스의 이·활용이 한층 추진된다.

2.3. 바이오매스의 폭넓은 이·활용 전개방향

2.3.1. 바이오매스 타운 구축

바이오매스는 생물로 생산되기 때문에 ‘넓고 얇게’ 존재하는 특성을 지닌다. 바이오매스의 이·활용을 추진하기 위해서는 이 특성에 따라 지역에서 효율적으로 에너지나 제품으로써 이용하는 지역분산형 이용 시스템을 구축하는 것이 기초가 된다.

또한 바이오매스를 지속적으로 이·활용해 가기 위해서는 생산, 수집, 변환, 이용의 각 단계가 유기적으로 연결되고, 전체로써 경제성 있는 순환 시스템을 구축하는 것이 중요하다. 더욱이 바이오매스의 부존상황, 이용에 대한 주요 조건 등은 지역에 따라 다양하기 때문에 지역마다 지역의 실정에 맞는 시스템을 구축할 필요가 있다.

이 때문에 시정촌이 중심이 되어 지역 관계자와의 연휴 하에서 종합적인 바이오매스 이·활용 시스템을 구축하는 ‘바이오매스 타운’ 구상의 추진을 확대해가는 것이 필요하다. 바이오매스 타운 구축은 물질순환, 경제성, 지역 활성화, 고용창출 등의 관점에서 타 지역의 모델이 되는 사례 제시, 지역의 잠재능력을 어떻게 활용해야만 하는가의 방향성을 제시할 수 있는 인재 육성 등을 추진할 것으로 기대된다.

2.3.2. 지역간 연휴·광역적 추진

일본의 바이오매스 이·활용 추진은 바이오매스 타운 구축이 중요하지만

지역에 따라서는 바이오매스 자원의 양이나 시설규모와 바이오매스 제품 등의 수요가 균형을 이루지 않는 경우도 있기 때문에 적절한 정보에 기초해 과부족 조정 등의 지역간 연휴·광역적 추진이 필요하다.

또한 바이오매스 유래의 수송용 연료 도입촉진은 제도·시설 정비 등 경제성 향상이나 안정공급 확보 등의 환경정비에 따라 국산과 수입의 적절한 안배를 도모해가면서 진전될 것으로 기대된다.

2.3.3. 아시아 제국 등 해외와의 연휴

아시아 제국 등에서는 바이오매스 에너지 도입을 국책사업으로 추진시키는 움직임이 급속히 진전되고 있다. 한편, 일본은 교토의정서의 목표달성을 위해서는 교토 메카니즘(JI, CDM 및 배출량 거래)의 활용을 도모하는 것이 필요하다. 일본에서는 바이오매스를 효율 좋은 에너지로 변환하는 기술이나 소규모인 변환 시스템 등 특히 자연조건이 유사한 아시아 제국에서 필요로 하는 선진적 기술을 지니고 있다. 이 때문에 아시아 제국이 추진하고 있는 바이오매스 에너지 도입 추진에 전략적으로 관여해 가는 것이 중요하며, 아시아 제국과의 인재·기술교류를 추진할 필요가 있다.

이것으로 인해 일본 바이오매스 관련기술이 아시아 제국 등 해외로 전개되는 것과 함께 이들 아시아 제국의 농산촌 지역 활성화에 이바지할 것으로 기대된다.

3. ‘바이오매스 일본’의 실현을 향한 구체적 목표

‘바이오매스 일본’의 가능한 한 조기 실현을 향해 관계자 추진을 촉진함과 함께 ‘바이오매스 일본’의 실현 정도를 평가하기 위한 지표로써 구체적인 목표를 제시하는 것이 중요하다.

이 목표는 에너지 가격이 장기에 걸쳐 예측이 곤란한 한편, 산업계가 바이오매스의 이·활용에 투자할 경우의 참고가 되므로 당면 교토의정서 제1 약속기간 중간인 2010년을 목표로 하는 것과 함께 바이오매스 이·활용의 진보 상황이나 경제적, 사회적 사정의 변경에 따라 수정하도록 한다.

3.1. 기술적 관점

기술개발에 의한 경제성 향상은 바이오매스의 한층 이·활용 촉진을 위한 중요한 과제 중의 하나이기 때문에 기술개발을 진전시키는 관계자 등에 대해 기술적인 관점에서의 목표를 제시해 바이오매스 이·활용 기술 개발을 촉진하는 것이 중요하다.

바이오매스 이·활용 기술은 완성도가 다른 다양한 기술이 있어 각각의 기술적 과제를 극복해 가는 것이 필요하다. 이 중 바이오매스를 에너지로 변환하는 기술은 특히 변환효율 향상이 중요하며, 가능한 한 많은 기술이 높은 변환효율을 실현해 갈 것으로 기대된다. 또한 바이오매스를 제품으로 변환하는 기술은 변환된 제품의 다양화나 부가가치화를 실현해 갈 것으로 기대된다.

이상을 종합적으로 감안한 기술적인 관점에서의 목표는 다음과 같다.

(1) 직접 연소 및 가스화 플랜트 등 함유율이 낮은 바이오매스를 에너지로 변환하는 기술에 있어

- 바이오매스 일일 처리량 10톤 정도의 플랜트(합병 후 시정촌 규모를 상정)는 에너지 변화효율이 전력으로써 20% 혹은 열로써 80% 정도
- 바이오매스 광역수집에 관한 환경이 정비된 경우 바이오매스 일일 처리량 100톤 정도의 플랜트(도도부현을 상정)는 에너지 변화효율이 전력으로써 30% 정도를 실현할 수 있는 기술을 개발한다.

(2) 메탄 발효 등 함유율이 높은 바이오매스를 에너지로 변환하는 기술은 바이오매스의 일일 처리량 5톤 정도의 플랜트(집락에서 시정촌 규모를 상정)에 있어서 에너지 변화효율이 전력으로써 10% 혹은 열로써 40% 정도를 실현

할 수 있는 기술을 개발한다.

(3) 바이오매스를 제품으로 변환하는 기술에 있어 현 시점에서 실용화되어 있는 바이오매스 유래의 플러스 체크 원료가격을 200엔/kg 정도로 하는 것과 함께 lignin이나 cellulose 등의 유효활용을 추진하기 위해 새롭게 실용화 단계의 제품을 10종 이상 만들어 낸다.

3.2. 지역적 관점

바이오매스의 이·활용은 지역이 자주적으로 추진하기 위한 목표를 제시해 지역 실정에 맞는 시스템을 구축하는 것이 중요하며, 지역 특성이나 이용방법에 따라 다양한 개발이 기대된다.

이 점을 감안해 지역적 관점에서의 목표로써 본 전략 책정 시 바이오매스 타운을 500정도 구축하는 것으로 했지만, 2010년에는 시정촌 합병이 진행될 것을 고려해 60% 정도로 한다.

3.3. 전국적 관점

바이오매스의 종합적인 이·활용은 바이오매스 이·활용을 추진하는 관계자에 대해 전국적 관점에서의 목표를 제시함과 함께 ‘바이오매스 일본’의 진전 시나리오, 기술 진전, 지역 추진 활성화 등에 따라 그 추진을 도모하는 것이 중요하다.

한편, 일본의 중장기 에너지 수급예측을 감안해 신 에너지의 하나로써 바이오매스 에너지 도입을 검토하고, 교토의정서 목표달성 계획에 포함된 각종 목표와의 정합성을 도모할 뿐만 아니라 순환형 사회형성 추진기본법의 이념을 존중하는 것이 중요하다.

이상을 종합적으로 감안한 전국적 관점에서의 목표는 다음과 같이 예상된다. 폐기물계 바이오매스의 이·활용 전개는 식품 순환자원 재생이용 등의

촉진에 관한 법률 등 개별법에 의해 리사이클 의무화 등이 조치되어 있지만, 향후 제도의 침투를 도모함과 함께 수집·수송·변환의 효율화 진전 등으로 폐기물계 바이오매스에 대해서는 상당부분 이·활용될 것으로 기대된다.

폐기물계 바이오매스의 지속적인 이·활용이 예상되는 미이용 바이오매스에 대해 수집 시스템 정비, 바이오매스 리파이널 확립 등으로 일정 부분 경제적으로 성립될 수 있는 형태로 이·활용될 것으로 기대된다. 더욱이 화석자원 유래의 에너지 가격이나 지구온난화 대책의 추진 정도 등에 따라서는 새로운 수요에 대응한 민간기업 활동으로 에너지원이나 제품 원료로 하는 것을 목적으로써 자원작물이 이·활용될 것으로 기대된다.

이와 같이 폐기물계 바이오매스가 탄소량 환산으로 80% 이상 이·활용되고, 미이용 바이오매스가 탄소량 환산으로 25% 이상 활용된다. 자원작물은 탄소량 환산으로 10만톤 정도가 이·활용될 것으로 기대된다. 또한 2010년까지 바이오매스 열 이용을 원유환산으로 308만kℓ(수송용 연료에 있어 바이오매스 유래 연료 50만kℓ를 포함)로 전망된다.

자료 : 일본 농림수산성, 「バイオマス・ニッポン総合戦略」, 2006.3.31.