

일본 바이오연료산업 동향과 전망*

이혜은·박한울
(한국농촌경제연구원 연구원)

1. 서론

바이오매스의 이용 및 활용은 온실가스 배출억제에 의한 지구 온난화 방지나 자원의 유효한 이용에 의한 순환형 사회의 형성에 이바지할 뿐만 아니라 지역의 활성화 및 고용으로 연결되는 것이다. 또한 종래 식량 생산의 영역을 넘어 경작포기지의 활용을 통하여 식량안정보장에도 이바지하는 등 농림수산업이 새로운 영역을 개척하는 일이다.

최근 이러한 바이오매스의 이용 및 활용을 추진하기 위한 정책의 하나로 세계적으로 자동차용 연료로 이용 확대가 이루어지고 있다. 미국이나 EU에서는 바이오연료의 이용 확대를 위한 목표가 세워져 있으며 바이오연료의 이용을 강력하게 확대하기 위한 다양한 우대 조치도 강구되어 있다.

한편, 일본의 바이오연료산업 현황을 살펴보면 바이오에탄올은 전국 6개소에서 소규모로 바이오에탄올을 3% 혼합한 기술린(E3)의 실증 시험이 실시되고 있는 것에 지나지 않는 상황이다. 바이오디젤 연료는 일부 자치단체나 비영리민간단체¹⁾(Non-Profit Organization, NPO) 등에 의해 실시되고 있는 정도이다. 2005년 4월에 내각회의에서 결

* 본 내용은 일본 농림수산성 내부자료, 경제산업성 자료 및 미츠비시종합연구소 보고서 자료를 바탕으로 작성하였다
(flaubert@krei.re.kr, 02-3299-4244, phu87@krei.re.kr).

1) 특정인의 이해와 영리를 목적으로 설립되어 운영되고 있는 영리조직과 대비되는 개념으로 일반사회의 공익 등을 목적으로 설립되어 비영리사업을 영위하는 모든 조직을 말함.

정된 ‘교토의정서 목표 달성 계획’에서는 운송용 연료로서 바이오매스를 이용한 연료의 이용 목표가 50만kt(원유환산)로 2006년 3월에 내각회의에서 결정된 ‘바이오매스 일본종합전략’에서는 바이오매스의 운송용 연료로 이용에 관한 전략적이 명기되는 등 일본에서도 바이오연료의 이용 촉진을 위한 시책이 급속하게 추진되었다.

2006년 11월에는 아베(安倍) 총리로부터 지구환경, 지역의 활성화 및 고용, 농업의 활력이라는 관점으로 국산 바이오연료의 생산 확대는 중요하므로 관계 부처에서 긴밀한 협조를 하도록 지시한 바 있다. 총리의 지시로 국산 바이오연료의 대폭적인 생산 확대를 위한 검토를 위하여 관계 부처의 국장급으로 구성된 ‘바이오매스·일본 종합 전략추진 회의’에서 논의를 진행해왔다.

2. 일본의 바이오매스 이용 현황

2.1. 바이오매스의 종류와 부존량 및 이용률

바이오매스는 대기 중의 CO₂ 를 증가시키지 않고 탄소중립(carbon neutral)²⁾이라 불리는 특성으로 인해 지구온난화 대책에 효과적이다. 또한 지역자원의 활용으로 순환형 사회의 형성, 지역 활성화 및 에너지 공급원 등의 다양화에 공헌하고 있다. 장점을 살펴보면 탄소중립으로 지구 온난화 대책에 대단히 효과적이다. 또한 지역의 미이용 자원을 효과적으로 활용하여 순환형 사회를 형성하고, 지역 활성화 및 신산업창출에 도움을 주고 있다. 태양광 및 풍력에 비하여 안정적으로 에너지를 얻고 액체연료화를 하여 기본이 되는 전력원으로 이용할 수 있어 에너지원의 다양화를 도모할 수 있다. 발전 및 열 이용 이외에 액체연료, 화학제품원료, 소재 등 폭넓은 용도로 바이오매스의 특성에 따른 효과적인 이용이 가능하다.

하지만 이를 효과적으로 활용하기 위해서는 몇 가지 해결해야할 과제가 존재한다. 일반적으로 자원이 적게 넓은 영역에 존재하고 있기 때문에 수집과 운반에 비용이 높은 편이다. 이러한 비용을 줄이기 위하여 효율적인 수집 운반 및 지역활용 시스템의 구축이 필요하다. 또한 자원의 식량자원이 되는 원료들은 식량공급 측면이나 기존 용도와의 경합 가능성이 존다한다. 식량공급과 양립이 가능한 벃짚, 목질 등의 셀룰로오스(cellulose)계나 폐기물계 원료를 효과적으로 이용하여 단계적으로 이용하는 방안을

2) 개인, 회사, 단체 등에서 배출한 이산화탄소를 다시 흡수해 실질적인 배출량을 0으로 만드는 것임. 탄소제로(carbon zero)라고도 함. 온실가스를 흡수하기 위해서는 배출한 이산화탄소의 양을 계산하고 탄소의 양만큼 나무를 심거나 풍력·태양력 발전과 같은 청정에너지 분야에 투자해 오염을 상쇄함.

모색해야 한다.

‘바이오매스·일본 종합 전략’에서는 바이오매스를 폐기물계 바이오매스, 미이용 바이오매스, 자원 작물의 세 가지로 구분하고 있다<그림 1 참조>.

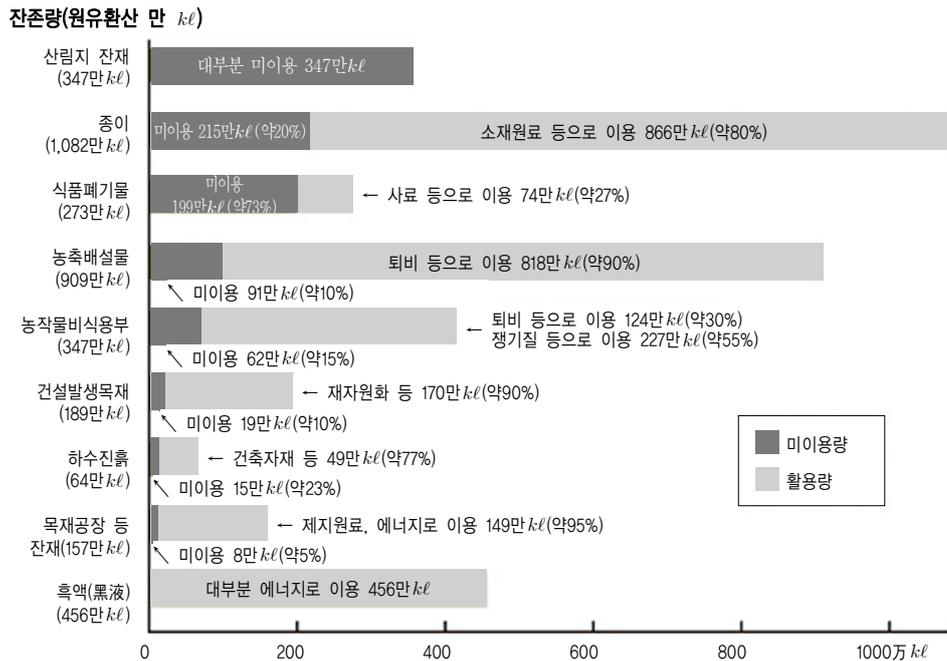
그림 1 바이오매스 구분



자료: 日本農林水産省, 2012.

일본의 바이오매스 잔존량과 이용률을 보면 <그림 2>와 같다.

그림 2 일본의 바이오매스 잔존량 및 이용률



주: 소재원료 등으로의 이용은 일부 해외 수출분도 포함.
 잔존량(원유환산 만kt)는 바이오매스활용추진전문가회의의 데이터를 기준으로 자원에너지청이 추산.
 자료: 경제산업성 자료, 2010.

2.2. 바이오매스 이용률의 변천과 그 요인

2.2.1. 폐기물계 바이오매스

폐기물계 바이오매스의 이용률은 종래 이용률이 높은 목재 공장 등의 잔여물, 흑액을 제외하고, 전반적으로 향상되고 있다. 폐기물계 바이오매스 전체의 이용률은 ‘바이오매스·일본 종합 전략’ 책정이후 꾸준히 향상되고 있다. 이것은 바이오매스 이용 및 활용에 대한 지원책 외에도 개별 재활용법의 규제와 더불어 이용 및 활용이 진행된 효과에 의한 것이라고 볼 수 있다.

앞으로 이용 및 활용을 더욱 촉진시키기 위한 과제로는 가정 음식물 쓰레기의 효과적 이용이 불충분한 것과 가축배설물이 대부분 퇴비로 이용되고 있지만, 지역에 따라서는 수요량을 초과하여 과도하게 발생하고 있는 지역도 있어 수급의 불균형이 생기고 있는 것 등을 들 수 있다.

2.2.2. 미이용 바이오매스

‘바이오매스·일본 종합 전략’ 책정 후, 미이용 바이오매스의 이용률은 1%의 향상에 지나지 않았고, 산림지 잔여물의 대부분 이용되고 있지 않은 상황이다. 2006년 ‘바이오매스·일본 종합 전략’ 재검토에서는 미이용 바이오매스의 이용 및 활용을 추진하기 위한 전략을 밝힌 바 있으며, 생산자 및 배출자 측의 노력도 포함한 효율적인 수집 시스템의 확립, 상류에서 하류까지의 임업 비용 전반의 절감을 도모한 시스템의 도입 등으로 생산·유통·가공의 비용절감, 새로운 기술을 활용한 비즈니스 모델의 도입 등을 추진하는 것이 향후 과제로 제시하고 있다.

2.2.3. 자원 작물

자원 작물의 이용 및 활용은 현시점에서는 대부분 인정을 받고 있지 않은 상황이지만, 유채꽃을 재배하여 식용기름으로 이용한 후, 폐식용유를 수집하여 바이오디젤 연료 원료로서 이용 및 활용하는 방안을 진행하고 있는 지역이 있다. 또한 사탕수수 등을 원료로 바이오에탄올을 제조하여 자동차용 연료로 이용 및 활용하는 실증 시험이 실시되고 있다.

자원 작물의 생산은 경작포기지 등을 활용하여 식량생산에 악영향을 주지 않는 형태로 추진하여 효율적으로 자원 작물을 생산하는 것도 중요하다. 경작 시 조방적 토지 이용(粗放的 土地利用)³⁾ 으로 하여 저비용으로 경작을 진행할 필요가 있다.

3) 조방적 토지이용(粗放的 土地利用, extensive land use)이란 집약적 토지이용에 반대되는 개념으로 토지이용에서 집약도가

3. 일본의 바이오매스 관련 정책

이하의 그림을 통해 일본의 바이오매스 관련 주요 정책을 살펴보기로 하자. 2002년부터 바이오매스와 관련한 주요 정책과 간단한 정책 추진내용을 담고 있다.

그림 3 일본의 바이오매스 관련 주요 정책 흐름(2002-2009)



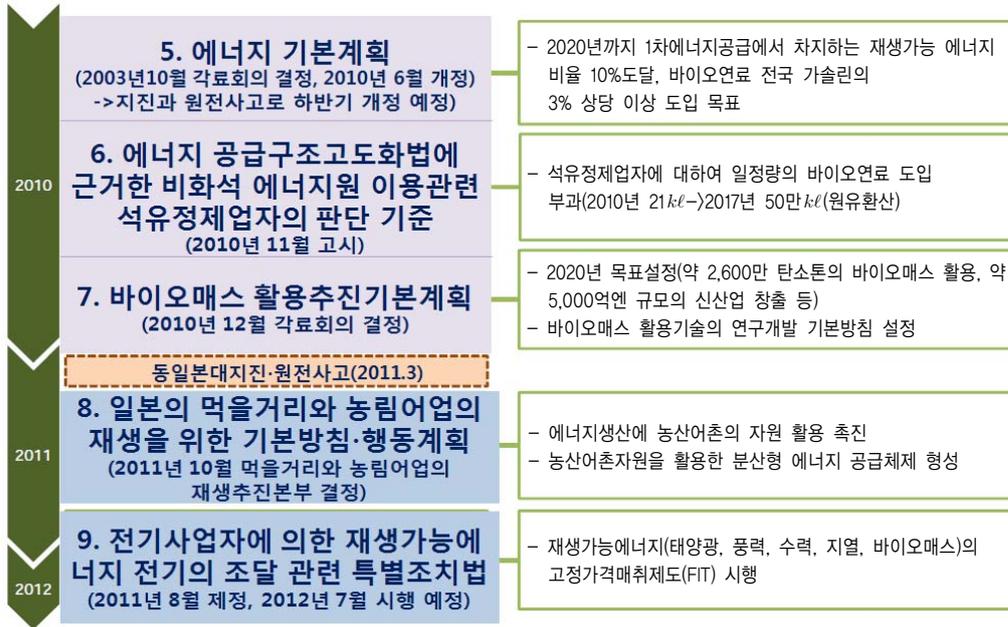
자료: 日本農林水産省, 2012.

일본의 바이오매스 이용 및 활용과 관련한 정책 목표를 살펴보면 2020년까지를 목표로 하고 있으며 첫 번째 지구온난화 방지를 위하여 약 2,600만 t^4 의 바이오매스를 활용할 방침이다. 두 번째는 신산업창출을 위하여 바이오매스를 활용하여 약 5,000억 엔 규모의 신산업을 창출하고, 세 번째는 농산어촌을 활성화시키기 위하여 600곳의 시

낮은 토지이용 상태를 말한다. 토지이용에서 단위면적당 투입되는 노동과 자본의 크기를 토지이용의 집약도라고 하는데 토지이용의 집약도가 낮은 경우를 조방적 토지이용이라 하고, 토지이용의 집약도가 높은 경우를 집약적 토지이용이라고 한다. 조방적 토지이용과 관련하여 토지에 투입되거나 산출되는 총비용과 총수입의 일치점이 조방한계점이 되는데, 조방한계는 최적의 조건하에서 겨우 생산비를 감당할 수 있는 정도의 수익 밖에 얻을 수 없는 집약도를 의미한다.

4) 탄소 톤.

그림 4 일본의 바이오매스 관련 주요 정책 흐름(2010-2012)



자료: 日本農林水産省, 2012.

정촌에 있어서 바이오매스 활용 추진계획을 책정하였다. 일본은 신성장 전략 공정표에서 2013년까지 재생가능에너지 도입목표의 설정 등을 진행하는 것과 관련하여 관계 부처가 연계하고 해결해야하는 기술적 과제 실현해야하는 성과 목표 등을 명백하게 밝힌 바 있다. 또한 바이오매스 활용과 관련한 로드맵을 작성하였다.

가축배설물은 약 8,800만 톤이며 현재 이용률은 90%이고 2020년 목표치 역시 90%로 설정하였다. 퇴비로의 이용과 더불어 메탄발효 등에 의한 에너지 이용을 추진하고 있다. 하수진흙은 약 7,800만 톤이며 현재 이용률은 77%인데 2020년 목표치는 85%이다. 하수진흙은 건축자재 등으로의 이용과 함께 바이오가스화 등에 의한 에너지 이용을 추진하고 있다. 흑액은 약 1,400만 톤이며 현재 약 100%의 이용률로 2020년 목표치 역시 100%이다. 흑액은 제재공장 등에서 에너지로 이용을 추진하고 있다. 종이는 약 2,700만 톤이며 현재 이용률은 80%이며 2020년 목표치는 85%이다. 재생종이 등으로 이용하는 것과 함께 에탄올화, 바이오가스화 등을 포함한 에너지 회수의 고도화를 추진하고 있다. 식품폐기물은 약 1,900만 톤이며 현재 이용률은 27%이고 2020년 목표치는 40%이다. 식품폐기물은 비료 및 사료로의 이용과 함께 메탄 발효 등에 의한 에너지 이용을 추진하고 있다. 제재공장 등의 잔여물은 약 340만 톤이며 현재 이용률은

95%로 2020년 역시 목표치는 동일하다. 제재공장 등의 잔여물은 제지원료나 보드 등으로의 이용과 함께 에너지로의 이용을 추진하고 있다. 건설 현장에서 발생하는 목재는 약 410만 톤이며 현재 이용률은 약 90%이며 2020년 목표치는 95%이다. 건설 현장에서 발생하는 목재는 목재펠프 등으로 다시 자원화하거나 보드 등으로 이용하는 것과 함께 에너지로의 이용을 추진하고 있다. 농작물의 비식용부분은 약 1,400만 톤이며 현재 이용률은 30%이며 2020년의 목표치는 45%이다. 비료 및 사료로의 이용과 함께 에너지 자원으로의 이용을 추진하고 있다. 산림지의 잔여물 등은 약 800만 톤인데 현재 거의 대부분이 이용되지 않고 있어 2020년에는 30% 이상의 이용률을 목표치로 설정하고 있다. 산림지의 잔여물 등은 제지원료나 보드 등으로 이용하고 에너지자원으로까지 단계적으로 이용하는 방안을 추진하고 있다. 자원 작물은 현재는 전혀 이용되지 않고 있는데 2020년까지 40만Gt으로 이용하려는 목표치를 설정하고 있다. 자원 작물이나 미세해조류 등으로부터 바이오생산 기술의 개발 등을 추진하고 있다.

4. 일본의 바이오연료 현황

4.1. 바이오연료 개요

바이오연료는 가솔린 대체로 이용하는 바이오에탄올과 경유 대체로 이용하는 바이오디젤 연료 등이 있다.

4.1.1. 바이오에탄올

바이오에탄올은 사탕수수 등의 당질원료, 옥수수 등의 전분원료, 볏짚이나 목재 등의 셀룰로오스(cellulose)계 원료로 제조하는 것이 가능해 당화, 발효 등의 과정을 거쳐 제조된다. 수송용 연료로 이용하는 방법으로는 가솔린과 바이오에탄올을 직접 혼합하는 방식과 바이오에탄올 첨가제(ETBE)⁵⁾를 제조하여 이것을 가솔린에 첨가하는 방식으로 두 가지가 존재한다.

에탄올은 수분과의 친화성이 높은 성질을 가지고 있기 때문에 에탄올 혼합 가솔린에 일정 비율이상의 수분이 혼입하면 상분리가 발생하고, 연료품질에 영향을 준다. 경제산업성에서는 E3에 대하여 제조 및 수송으로부터 급유소에서의 저장 및 급유에 이르기까지의 품질상 및 안전상의 과제의 검증을 목적으로 한 실증 연구를 이미 실시하

5) ETBE: ethyl, tertiary, butyl, ether.

고 있으며, 수분관리 대책을 한 후라면 실제로 사용상 문제가 되는 E3의 품질변화 및 설비 부품에 대한 영향 변화는 인정되지 않은 것에 대해서 정리하고 있다. 또한 총무성 소방청에서는 지금까지의 검토를 근거로 하여 누설 대책 등 안전대책에 대한 가이드라인을 정리하고 있다.

ETBE는 화학물질의 심사 및 제조 등의 규제에 관한 법률(1973년 법률 제117호 이하 ‘화심법(化審法)’에서 제2종 감시 화학물질(생물의 체내에는 축적하기 어렵지만, 환경 중에서 쉽게 분해되지 않고 계속적으로 섭취했을 경우에 사람의 건강을 해칠 염려가 있는 성질을 소유하는 화학물질)이라고 판정되었다. 경제산업성에서는 2006년부터 장기독성시험이나 환경에 노출되었을 경우의 영향 조사 및 위험 평가를 실시하고 있다.

4.1.2. 바이오디젤 연료

바이오디젤 연료는 채종유, 폐식용유 등의 유지를 원료로 메틸 에스테르(Ester)화 등의 화학처리에 의하여 주로 지방산 메틸 에스테르 등 경유에 가까운 물성으로 변환한 것이 이용되고 있다. 지방산 메틸 에스테르에 대해서는 경유와 비교하여 고무·수지를 팽창 및 열화시키며 열의 영향에 의해 산이나 덩어리 등을 발생시켜 품질이 열화하기 쉬우며 원료에 따라서는 한냉지(寒冷地)에서 굳어버리는 등의 특성이 있는 것에 유의할 필요가 있다.

표 1 일본의 바이오매스 에너지 이용 가능량(추산)

종류	부존량	에너지이용비율(주1)	최대 이용가능량
가축배설물	525만t	25%	131만t
하수진흙	90만t	21%	19만t
흑액	466만t	100%	466만t
종이	1,034만t	5%	52만t
식품폐기물	80만t	26%	21만t
제재공장 등의 잔여물	170만t	60%	102만t
건설현장 발생 목재	181만t	47%	85만t
농작물 비식용부분	498만t	15%	75만t
산림지 잔여물	400만t	30%	120만t
자원작물	40만t(주2)	100%	40만t
합계	3,484만t		1,111만t

주1: 에너지이용비율은 2020년까지의 이용률 목표를 모두 에너지 이용용 증가에 의한 달성으로 가정하고 추산한 것임.

주2: 자원작물은 2020년의 목표생산량임.

자료: 日本農林水産省, 2012.

4.2. 일본의 바이오연료 연앙

바이오에탄올은 지금까지 전국 6개소에서 소규모로 바이오에탄올 3% 혼합 가솔린(E3)의 실증 시험이 실시되고 있으며 바이오에탄올 연료도 일부 자치단체와 NPO 등에 의하여 시험이 실시되고 있다. 2002년 12월에 바이오매스·일본 종합 전략이 내각회의에서 결정된 이후 바이오매스의 이용 및 활용의 추진이 정부의 방침에 의하여 2004년부터 국산 바이오매스를 원료로 한 E3실증 사업이 실시되고 있다. 2005년 4월 내각회의에서 결정된 ‘교토의정서 목표 달성 계획’에서는 바이오매스를 원료로 한 연료의 이용 목표가 50만kl (원유환산)로 산정되었다.

2006년 3월에 내각회의에서 결정된 ‘바이오매스·일본 종합 전략’에서는 바이오매스를 수송용 연료로서 이용하는 것에 관한 전략이 명기되고 있는 등 바이오 연료의 이용 촉진을 위한 시책이 급속하게 진행되고 있다. 2006년 5월에 경제산업성이 공표한 ‘신에너지 국가전략’에는 국산 바이오에탄올 생산 확대를 위한 지역의 대처에 대한 지원 등이 명기되어 있다. 2007년 4월 27일부터 바이오 가솔린⁶⁾이 시험적으로 판매되고 있다.

바이오에탄올은 2006년 4월 홋카이도(北海道) 도카치지구(十勝地區)⁷⁾에 실험 플랜트를 설치하여 규격 외 밀 등으로 연료용 에탄올 제조와 E3 실증을 진행하고 있다.

그림 5 바이오에탄올



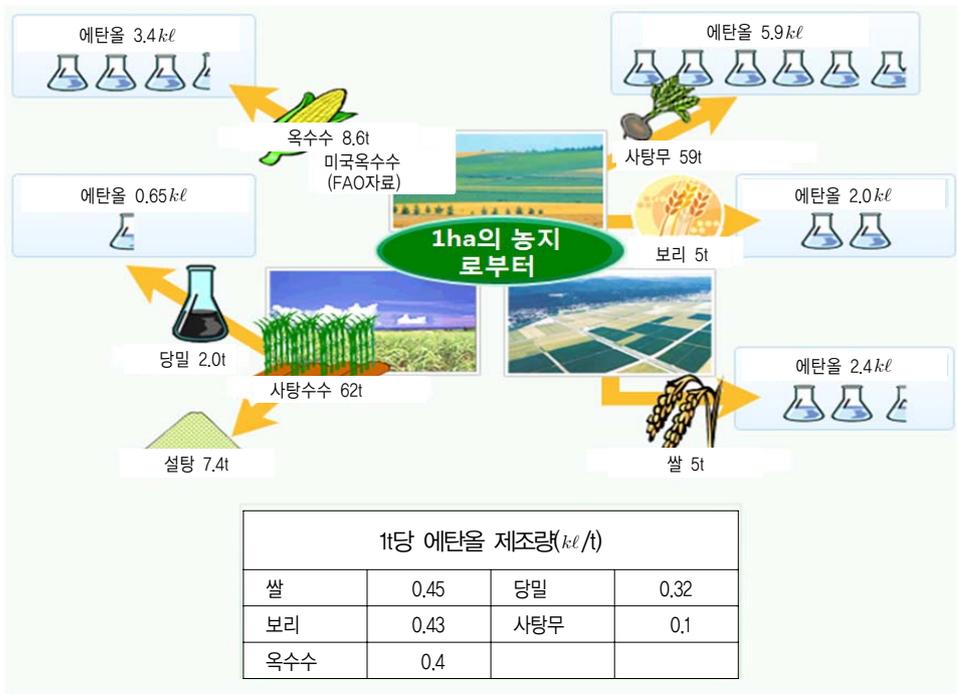
자료: 일본 사단법인 지역환경자원센터(<http://www.jarus.or.jp>).

6) 가솔린 93%에 첨가제 ETBE 7%를 혼합한 연료.

7) (재) 도카치(十勝) 진흥 기구 등. 농림수산성, 경제산업성, 환경성 참여.

2012년 현재 야마가타현(山形縣) 신조시(新庄市)⁸⁾·수수로부터 연료용 에탄올 제조와 E3 실증 및 재배 시험을 실시하고 있다. 오사카부(大阪府) 사카이시(堺市)⁹⁾에서는 2007년 건축 폐기물로부터 연료용 에탄올 제조와 E3 실증 시험을 위한 플랜트를 설치하였다. 오카야마현(岡山縣) 마니와시(真庭市)¹⁰⁾에서는 2006년부터 소규모로 제재소 잔여물 재료로부터 연료용 에탄올 제조 실증 플랜트를 설치하여 시험 중이다. 오키나와현(沖縄縣) 미야코지마(宮古島)¹¹⁾에서는 2005년부터 실증 플랜트를 설치하여 사탕수수로 연료용 에탄올 제조와 E3 실증시험을 진행하고 있으며 대규모화 할 예정이다. 오키나와현(沖縄縣) 이에무라(伊江村)¹²⁾ 2005년 소규모 실증 플랜트를 설치하여 사탕수수(신포종)로부터 연료용 에탄올 제조와 E3 실증시험을 진행하고 있다.

그림 6 바이오에탄올 변환량



자료: 일본 사단법인 지역환경자원센터(<http://www.jarus.or.jp>).

8) 농림수산성 참여.

9) 다이세이건설(大成建設), 마루베니, 오사카부 등. 환경성 참여.

10) 미쓰이 조선(三井造船) 등. 경제산업성 참여.

11) 리ゅう세키 (류세키), 환경성 참여.

12) 아사히맥주, JAI에(伊江), 이에무라(伊江村) 등. 농림수산성, 경제산업성, 환경성, 내각부 참여.

바이오에탄올은 후쿠시마현(福島縣) 이와키시에서는 폐식용유로 연간 500kl 정도를 제조하여¹³⁾ 쓰레기 수집차 등에 B100으로 이용하고 있으며 도야마현(富山縣) 도야마시(富山市)에서는 폐식용유 등으로 연간 960kl 정도 제조¹⁴⁾ 예정이다. 교토부(京都市) 교토시(京都市)에서는 폐식용유로 연간 1,500kl 정도를 제조하고¹⁵⁾ 있으며, 쓰레기 수집차량 150대에 B100으로 이용하고 있다. 시(市) 버스의 일부 80대에는 B20으로 이용하고 있다. 폐식용유로 비누나 BDF를 제조하고 있는 시민단체는 현재 140곳 이상 있는 것으로 집계되고 있다.

그림 7 바이오디젤 연료



자료: 일본 사단법인 지역환경자원센터(<http://www.jarus.or.jp>).

경제산업성에서는 경제산업성 종합자원 에너지 조사회가 ‘에탄올은 혼합율 3%까지 라면 자동차에 사용해도 안전’하다는 결론을 내린바 있다.¹⁶⁾ 2005년 1년간 실증 실험을 실시하여 가솔린에 3%의 에탄올을 혼합하여도 문제가 없다는 결론이다. 아키타(秋田)에서 후쿠오카(福岡)까지 전국 6개소에서 혼합 가솔린을 운반하고, 실제로 자동차에 급유하여 유통 단계에서 연료의 품질이나 사용하는 설비에 대한 영향을 조사하였다. 석유연맹은 2007년 4월 27일 바이오에탄올을 가공한 첨가물 「ETBE」를 가솔린에 7% 혼합하여 ‘바이오가솔린’으로 시험적으로 판매하기 시작했다. 당초 간토(關東)지구 50곳의 주유소에서 시험 판매를 시작했다.¹⁷⁾ 석유업계가 채용한 ‘ETBE방식’은 경제산업성도 후원하고 있다. 2010년에 본격 도입하여 전국적으로 전개하면 0.2%의 CO₂가 줄어든다고 한다. 만일 10%의 바이오에탄올을 혼합하면 0.7%의 CO₂가 줄어드는 효

13) 환경성 참여.

14) 환경성 참여.

15) 농림수산성, 환경성 참여.

16) 2007년 3월 12일.

17) 공동 수입 회사를 설립.

과를 볼 수 있다고 한다.

환경성에서는 에탄올을 직접 혼합하는 ‘E3 방식’¹⁸⁾을 추진하고 있다. 환경성은 이 ‘E3’연료를 오사카부 등에서 판매하는 실증 사업을 진행하였다. ‘바이오가솔린(E3)’의 판매가 2007년 10월 9일, 오사카부의 2개 주유소에서 시작되었다. 이것은 환경성의 위탁으로 오사카부가 진행한 예코 연료실용화 실증 사업으로 목재가 원료인 바이오에탄올의 상업화는 세계에서 처음이라고 한다.

농림수산성에서는 농업 진흥에 유용하게 활용하고자 ‘2020년까지 600만kl의 국산 바이오에탄올 생산’이라는 목표를 설정하고 의욕을 보이고 있다. 국토교통성에서는 E10 대응차(車)가公道주행 시험 실시를 위하여 필요한 ‘E10 대응차의 기술지침’을 2007년 10월 12일에 만들었다. E3까지는 일반 가솔린차에 사용할 수 있지만 E10은 연료배관의 부식이나 배출 가스 규제에 문제가 생길 우려가 있어 E10대용차로 적정 수준에 달하지 않으면 안 되는 시험과 만족시켜야 하는 기준을 기술지침으로 정리한 것이다.

5. 일본 바이오연료의 생산 확대를 위한 과제 · 검토 사항

5.1. 기술면에서의 과제

5.1.1. 작물생산

국산 바이오연료가 대폭적인 생산 확대를 위해서는 원료가 되는 바이오매스를 저비용으로 안정적으로 공급하는 것이 필요하다. 국토면적이 한정되어 있는 일본에서는 경지를 최대한 효율적으로 활용하는 것은 물론 유전 정보 등의 활용에 의해, 당질 및 전분질을 많이 함유하여 바이오매스량이 큰 자원 작물의 육성이나 노동력을 절약 및 저비용 재배기술 개발을 할 필요가 있다.

5.1.2. 수집 · 운반

벼짚, 산림지 잔여물 등의 미이용 바이오매스는 양적 잠재력도 크고, 국산 바이오연료의 대폭적인 생산 확대를 위한 원료로 활용할 수 있다. 하지만, 현재 상황에서는 미이용 바이오매스는 수집 및 운반비용이 높기 때문에 이용은 대부분 진행하지 않고 있다. 그렇기 때문에 바이오매스의 수집 및 운반에 영향을 미치는 비용을 저비용화하는 것이 불가결하다. 구체적으로 목재생산과 제휴한 산림지 잔여물의 수집 및 운반 시스

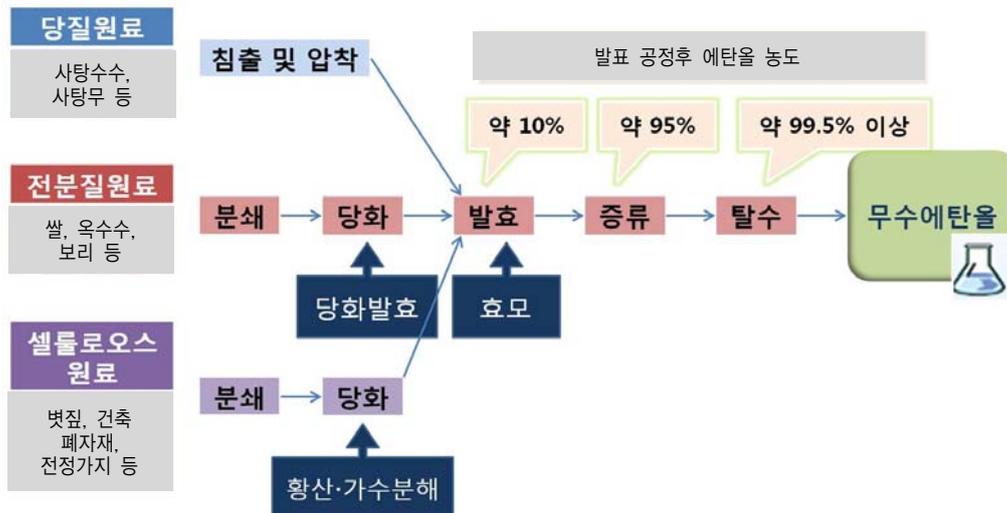
18) 3% 섞음.

템, 효율적으로 수집하는 고성능 임업기계의 개발 등을 할 필요가 있다.

5.1.3. 에탄올 변환

바이오매스를 원료로 하여 저비용으로 바이오에탄올을 생산하기 위해서는 당질 및 전분질 원료와 함께 볏짚, 산림지 잔여물 등 미이용 바이오매스와 자원 작물 전체를 원료로 효율적으로 바이오에탄올을 생산할 필요가 있다. 특히 볏짚, 산림지 잔여물 등의 셀룰로오스(cellulose)계 원료로 바이오에탄올을 제조하는 것에 대해서는 당화 및 발효 저해 물질인 리그닌(lignin)의 효율적인 제거나 셀룰로오스(cellulose)와 헤미셀룰로오스(hemicellulose)¹⁹⁾를 효율적으로 당화 및 발효시키는 기술 등의 개발을 진행할 필요가 있다. 또한 발효 후, 에탄올의 농축, 증류, 탈수 공정에서는 막투과 및 분리 기술 등을 활용한 에너지 투입량이 적은 기술개발이 필요하다. 더불어 에탄올의 변환 공정에서 생기는 폐액이나 제조 과정의 부생성물의 이용 및 처리 기술의 개발로 에탄올 생산에 드는 총비용을 저감할 필요가 있다.

그림 8 바이오에탄올 제조방법



자료: 일본 사단법인 지역환경자원센터(<http://www.jarus.or.jp>).

5.2. 제도면 등에서의 과제

19) 식물체 속의 일군(一群)의 고무처럼 생긴 다당류 탄수화물의 총칭.

5.2.1. 바이오연료 온입을

1) 바이오에탄올

일본에서는 ‘휘발유 등의 품질의 확보 등에 관한 법률’²⁰⁾ 에서 시장에 유통하고 있는 이미 판매된 자동차의 자동차부품의 안전성과 배기가스 상태 확보라는 관점에서 바이오에탄올을 가솔린에 3%까지 혼합하는 것이 가능하다. 바이오연료의 이용이 진행되고 있는 외국의 예를 들면 브라질에서는 20~25%, 미국에서는 몇 개 주에서 10%의 혼합 의무화가 실시되고 있는 등 일본보다 높은 혼합률의 이용 실적이 있다.

현재의 국내의 자동차 업체에서 생산되는 신차 가운데, 바이오에탄올 10% 혼합 가솔린(E10)까지는 대응 가능한 자동차도 있지만 이미 판매된 자동차는 새로 바꾸거나 중고차 시장에서 퇴출 등으로 10년 이상의 기간을 필요로 하는 것에 비추어 보아, 바이오에탄올의 공급 안정성이나 경제성의 확보 등의 과제에 유의할 필요가 있다. 2020년까지를 목표로 대응차의 보급 상황을 감안하면서 이미 판매된 차의 안전성 및 배기가스 상태를 확인한 후, ‘휘발유 등의 품질의 확보 등에 관한 법률’ 시행 규칙에서 규정하는 에탄올을 포함하는 합산소화합물(含酸素化合物)의 혼합 상한규정을 재검토하고 있다.

2) 바이오디젤 연료

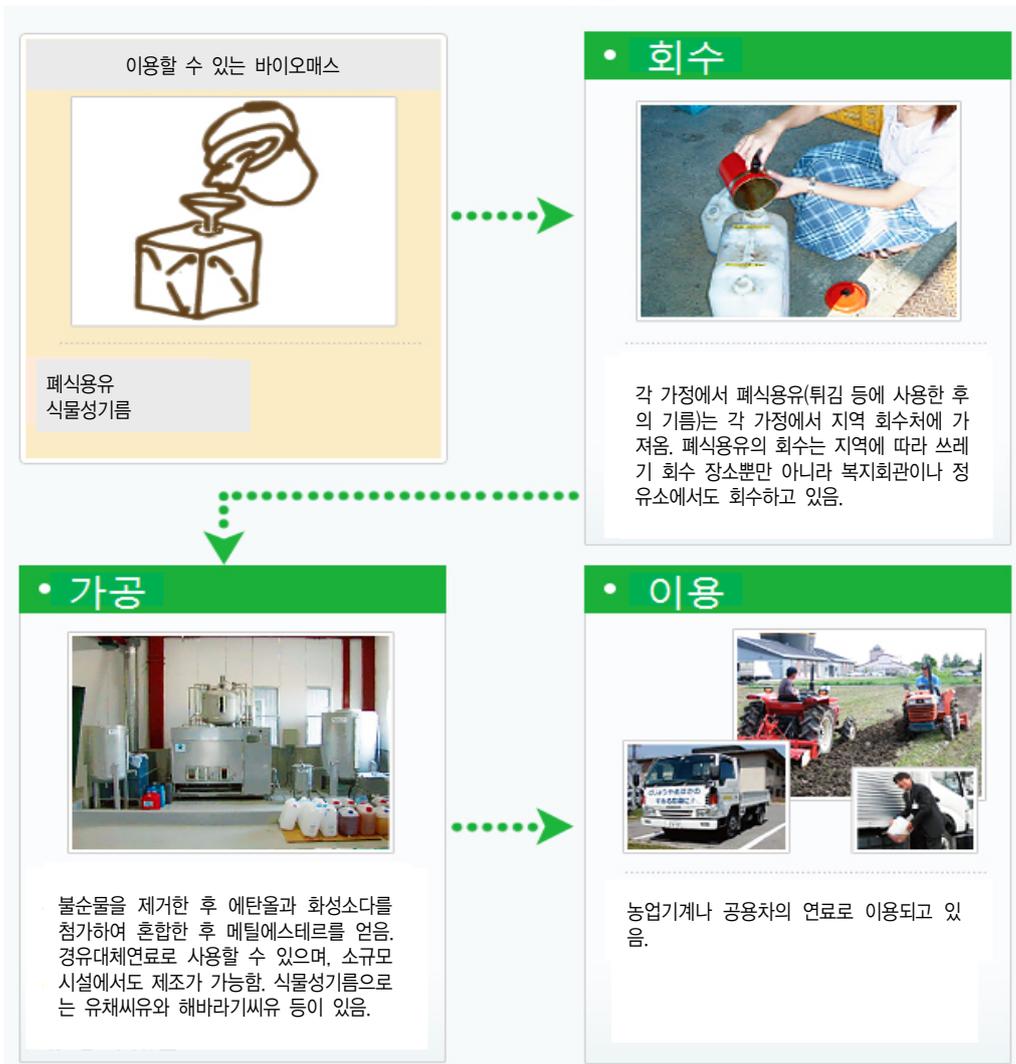
바이오디젤 연료로서 널리 이용되고 있는 지방산 메틸 에스테르는 2006년 3월부터 현재 시장에 유통되고 있는 이미 판매된 자동차에 대한 안전성이나 배기가스 상태 확보라는 관점에서 경유와의 혼합 비율을 5%이하로 하고 더 필요한 연료 상태에 관계되는 항목을 ‘휘발유 등의 품질의 확보 등에 관한 법률’의 경유규격에서 규정하고 있다. 일본에서는 100% 바이오디젤 연료가 경유인수세의 대상이 되지 않고 있어 많은 지역에서 경유인수세의 대상이 되는 바이오디젤 연료혼합 경유와 비교하여 가격 경쟁력이 있는 100% 바이오디젤 연료를 이용하는 방안을 진행하고 있지만, 품질이 떨어지는 연료 및 일본에서 유통하고 있는 자동차는 100% 바이오디젤 연료의 사용을 전제로 제조된 것이 아닌 자동차가 많아 자동차에 불량일 생길 경우가 있다.

20) 1976년 법률 제88호.

5.2.2. 제조, 유통, 저장, 이용

바이오연료의 유통·이용 시 대기오염방지 대책 또는 E3의 경우, 품질을 확보하기 위한 수분혼입 방지 등에 대한 철저한 대책이 필수적이어서 제유소·유조소·급유소 등 유통 단계에서 필요한 대응 및 대책의 검토를 진행할 필요가 있다. 그렇기 때문에 미야코 지마(宮古島)나 대도시권 등에서 보다 대규모로 E3 실증 사업을 2007년부터 진행하였다.

그림 9 바이오디젤 연료



또한 ETBE에 대해서는 ‘휘발유 등의 품질의 확보 등에 관한 법률’ 상의 제2종 감시 화학물질로 판정된 것을 근거로 하여 현재, 장기독성시험과 환경 중에 노출되었을 경우 영향 조사 등에 근거하는 위험 평가를 하고 있다. 더불어 누설 대책 등 구체적인 설비 대응책 필요성의 검토를 위하여 2007년부터 ETBE혼합 기술린의 유통 실증 사업을 진행하고 있어 이 결과를 근거로 하여 도입하는 것을 도모하고 있다.

자동차 측에서는 기술린에 혼합률을 높인 연료를 비롯한 바이오연료 대응차의 안전, 환경상의 기술지침만들기 등 방안을 모색할 필요가 있다. 국토교통성에서는 E10 대응차의 기술기준 등 정비를 위하여 검토를 하고 있다.

경제산업성에서는 바이오연료 이용 확대 실현을 위한 ‘토대만들기’로서 ‘소비자우선’, ‘안심·안전·공정’, ‘에너지 보안향상’, ‘이노베이션 중시’ 등 네 가지 원칙을 바탕으로 품질 및 징세 공평성을 확보하기 위한 새로운 제도의 사회기반시설 검토를 하고 있다. 세제조치를 포함한 다양한 방법에 대해서도 검토하고 있다.

5.2.3. 기타

1) 국민에 대한 이해 촉진

국산 바이오연료의 이용은 국민 생활에 깊게 결부되어 있으며 국민 개개인이 국산 바이오연료 이용의 의의를 인식하여 대응하는 것이 중요하다. 그렇기 때문에 국산 바이오연료의 이용에 따른 효과에 대하여 국민의 이해를 얻는 것이 중요하다. 국산 바이오연료 이용의 구체적인 실천은 농업, 식량, 환경, 에너지 등 폭 넓은 분야에서 교육적 요소를 가지고 있는 것에 중점을 두어 장래를 짚어질 아동과 학생을 위한 교육을 충실히 하는 것도 중요하다.

2) 생활주기(Life Cycle) 전체에서의 에너지 효율, 온실가스 삭감 효과의 평가

바이오매스 에너지는 탄소중립 등의 효과를 가지는 한 편, 바이오연료 생산 과정에서 사용하는 에너지와 배출하는 CO₂ 양이 많아지면 좋지 않은 효과가 생길 우려도 있다. 그렇기 때문에 바이오연료의 생산 과정에서 필요한 화석 연료나 배출하는 CO₂ 양은 가능한 한 적게 하는 것이 중요하다. 생활주기의 관점에서 에너지 수지(收支), CO₂ 수지의 평가를 근거로 하여 대처방안을 진행하는 것이 필요하다. 한편, 순환형 사회구축의 관점에서 폐기물계 바이오매스는 바이오연료 이외의 이용 상황도 근거로 하면서 폐기물의 발생억제, 재사용, 재생 이용이 적정하게 추진되도록 주시할

필요가 있다.

3) 음료용·공업용을 포함한 알코올 유통 시장의 혼란 방지

에탄올은 일본 국내에서는 음료용·공업용으로 이용되고 있다. 향후 연료용으로 생산된 에탄올이 기존 음료용·공업용으로 유입되어 시장의 혼란을 초래하는 일이 없도록 해야 할 것이다.

6. 일본 바이오연료의 생산 확대 방안

일본의 바이오연료는 현시점에서 가솔린의 도매가격, 브라질로부터의 에탄올 수입 가격과 경합할 수 있는 가격으로 생산할 필요가 있다. 일본산 바이오연료의 생산 가격의 목표를 100엔/L 이라고 가정했을 경우, 원료가 되는 바이오매스의 생산 가격을 대폭으로 인하하여 더욱 저비용·고효율 바이오에탄올을 생산하는 것이 불가결하다. 현재 원료가 되고 있는 것은 사탕수수 당밀 등의 당질원료 및 규격 외 밀 등의 전분질 원료 등 저렴한 원료와 폐기물처리 비용을 징수하면서 원료로 조달할 수 있는 폐기물에 한정되어 있다. 2010년까지는 이러한 원료를 채용한 국산 바이오연료의 생산으로 실시하였다.

또한 일본산 바이오연료가 대폭적인 생산 확대를 도모하기 위해서는 식량이나 사료 등 기존 용도로 이용되고 있는 것이 아닌 눈에 남아 있는 벼짚이나 제재 공장 등 잔여물, 산림지 잔여물, 공원 및 하천 부지 등에서 발생하는 미이용 바이오매스의 활용이나 경작포기지 등을 활용한 자원 작물의 생산을 위한 방안을 진행하는 것이 중요하다. 이러한 바이오매스로부터 일본산 바이오연료를 생산하기 위해서는 원료의 생산·수집·운반비용과 바이오연료의 제조비용의 대폭적인 저감이 필수적이므로 상기의 과제를 해결하지 않으면 안 된다.

그렇기 때문에 2030년까지 중장기적인 관점에서는 벼짚이나 목재 등 셀룰로오스(cellulose)계 원료나 자원 작물 전체에서 고효율 바이오에탄올을 생산할 수 있는 기술 개발 등으로 다른 연료나 국제가격과 비교하여 경쟁력을 가지는 일본산 바이오연료의 대폭적인 생산 확대를 도모해야 한다. 그리고 구체적으로 공정표를 작성할 때 목표 비용을 달성하는 기술이 개발될 때까지의 연구 기간, 개발된 기술을 실증하는 실증 기간, 시설 정비 등에 의해 생산 확대가 진행되는 보급 기간을 생각하여 작성하여야 한다.

일본은 대폭적인 생산 확대를 위하여 다음과 같이 원료작물 등의 범위를 확대해 가

고 있다.

- ① 현시점에서 이용 가능한 작물 등
 - 원료를 싼값으로 조달할 수 있는 규격 외 농산물이나 사탕수수 당밀 등 농산물 부산물
 - 폐기물처리 비용을 징수하면서 원료로서 조달할 수 있는 건설현장에서 발생하는 목재 등
- ② 향후 5년간 기술개발을 하는 작물 등
 - 벚짚 등의 초본류·제재 공장 등 잔여물 등
- ③ 향후 10년간 기술개발을 하는 작물 등
 - 원료의 수집 및 운반 비용이 필요한 산림지 잔여물
 - 자원 작물(유전 정보를 이용한 다수품종)

6.1. 2030년까지의 중장기적 목표

벚짚이나 목재의 셀룰로오스(cellulose)계 원료나 자원 작물 전체에서 바이오에탄올을 고효율에 제조할 수 있는 기술 등을 개발하여 일본 바이오연료의 생산 확대를 위하여 상기에서 언급한 과제를 해결하는 것을 목표로 하고 있다. 혁신적 기술을 충분히 활용하고, 다른 연료나 국제가격과 비교하여 경쟁력을 가질 수 있는 것을 전제로 하여 2030년까지 국산 바이오연료의 대폭적인 생산 확대를 도모하고 있다.

참고문헌

- 日本農林水産省. 2012. バイオマス関連概算決定の概要.
- 日本農林水産省. 2012. バイオマスをめぐる現状と課題.
- 石油聯盟(Petroleum Association of Japan). 2012. 今日の石油産業2012.
- 日本農林水産省. 2011. 農林漁業有機物資源のバイオ燃料の原材料としての利用の促進に關する法律.
- 小島浩司. 日本LCA學會事務局(Journal of Life Cycle Assessment). 2011. バイオ燃料の持續可能性への取り組み動向 (特集 食とみどりのLCA).
- NPO法人バイオマス産業社會ネットワーク. 2011. バイオマス白書2011 .
- 日本農林水産省. 2009. バイオマスをめぐる情勢について.
- NPO法人バイオマス産業會社ネットワーク. 2009. バイオ燃料持續可能性に關する調査報告書.
- 日本農林水産省. 2008. 國産バイオ燃料の生産擴大に向けて.

日本農林水産省. 2007. バイオマス・ニッポン総合戦略推進會議 자료집.
NPO法人循環型社會研究會. 2003. 木質バイオマスをめぐる狀況.

참고사이트

일본농림수산성(www.maff.go.jp)

일본경제산업성(www.meti.go.jp)

NPO법인 바이오매스 산업회사 네트워크(<http://www.npobin.net>)

사단법인 지역환경자원센터(<http://www.jarus.or.jp>)