오스트리아의 목질 바이오매스 에너지 이용

민 경 택 *

1. 서론

오스트리아는 중앙유럽 알프스 산맥에 있는 내륙국이다. 국토면적은 8만 3,879㎢, 인구는 864만 명('15)이지만 1인당 GDP는 4만 3,637달러('15)에 이른다. 산업별 국민총생산은 서비스업 65.8%, 제조업 32.3%, 농업 1.7%로 상대적으로 농업의존도가 낮다. 이는 국토 대부분이 산지이고 산림을 제외하면 지하자원이 부족하기 때문이다(위키피디아). 산림면적은 396만 ha이며, 산림율은 47.6%이다. 산림의 임목축적은 2015년 11억 5,500만㎥에 이르며, 단위면적당 평균 임목축적은 298.5㎥/ha로서 우리나라의 2.4배에 해당한다. 주요 산림 수종은 가문비나무 53.7%, 너도밤나무 9.6%, 낙엽송 4.6%, 낙엽활엽수 4.3%이다. 알프스 산맥을 끼고 있어 산지는 험준한 편이지만 임업은 활발하여 연간 1,800만㎥ 내외의 임목을 생산하고 제재목과 종이제품을 수출하며 높은 임업경쟁력을 과시한다.

바이오매스를 에너지로 이용하려는 노력은 1978년 시작되었다. 이미 완성된 초기 원자력 발전소를 국민투표 결과 가동하지 않기로 결정하면서 자연 에너지 이용을 추진하는 정책이 전개되었다. 1980년 바이오매스를 사용한 에너지량은 55PJ로 전통적인 땔나무 이용이 주류였다. 2011년이 되면 에너지 공급량에서 227PJ가 바이오매스에서 만들어졌는데, 180PJ가 목질 바이오매스, 나머지가 농업과 폐기물에서 얻어진 것이다.[1] 목질 바이오매스가 1차 에너지 총수요량의 12.2%를 차지하고 목재의 단계적 이용(wood cascade system)이 중요해졌다.

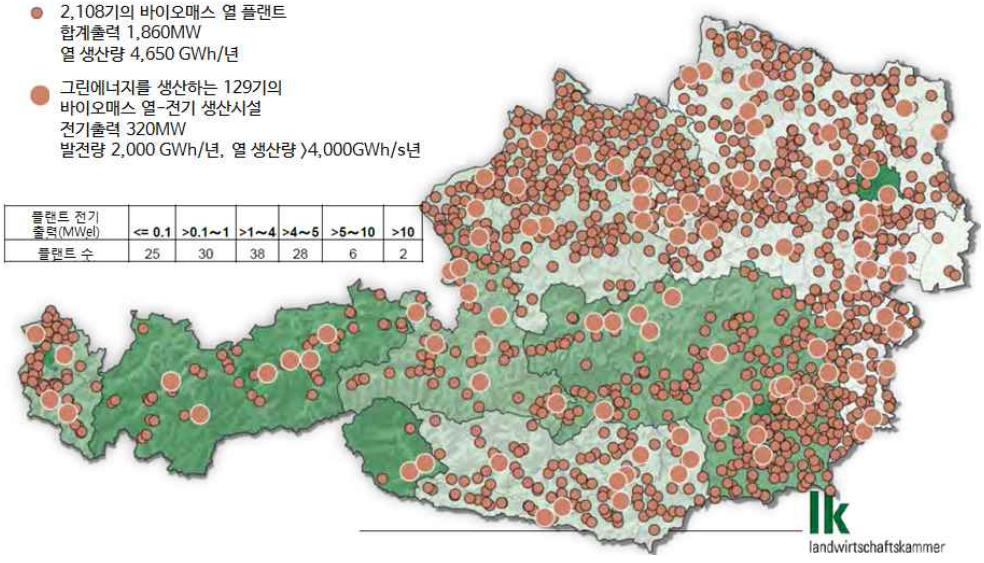
* 한국농촌경제연구원 연구위원 (minkt@krei.re.kr).

1) PJ(petajoule): 1015 joule. 1 joule은 1뉴턴의 힘으로 물체를 1미터 이동하였을 때 한 일이나 에너지임.

바이오매스가 가장 경쟁력을 가지는 것은 열 부문인데 최종 에너지의 50%가 열로 이용된다. 열 이용 시장 진출에 노력하여 목질 바이오매스의 85%가 열, 15%가 전력 생산에 이용되었다. 중요한 노력의 하나는 농촌 주민이 스스로 건설 운영하는 지역 열 공급 플랜트와 공급망의 구축이다. 〈그림 1〉에서 볼 수 있는 것처럼 바이오매스를 이용한 열 생산시설이 전국에 분포하는데, 현재 2,000기 이상의 0.5~30MW 규모의 지역 열 공급 플랜트가 가동하고 있다. 이에 의해 그 지역에서 생산한 목재를 지역에서 이용하는 기회가 만들어지고 새로운 수입이 생겼다. 주택에서는 지역 열 공급에 이어지지 않은 경우도 있다. 단독주택에서는 우드펠릿을 사용하는 것이 편리하다. 2014년 현재 약 12만대의 펠릿 보일러가 도입되었고 매년 1만대 이상 증가한다.

정부는 재생가능한 국산 열 공급의 장점 홍보와 정보제공, 최신 임업기술의 지원, 열 공급 플랜트를 운영하는 중소기업가의 교육과 훈련, 펠릿 보일러에서 대형 목재칩 보일러까지 각종 바이오매스 보일러의 투자 등에 강력한 재정지원을 한다. 열 공급 시스템의 이행을 추진하는 데 대략 인구 100만 명당 매년 800만 유로의 정부 지원이 필요하다. 이 계획은 앞으로도 계속되어 2020년까지 25PJ의 목질 바이오매스의 추가 이용이 증가할 것으로 전망된다(Kopetz 2014).

〈그림 1〉 오스트리아의 바이오에너지 열 생산시설의 분포



자료: Biomasse-Landkarte, BMV(2013). Friedl(2017)에서 재인용.

이러한 바이오매스의 이용 확대는 어떻게 실현될 수 있었을까? 오스트리아는 풍부한 산림 자원과 험준한 산지 지형을 가졌다는 점에서 우리나라와 비슷하다. 원전 에너지 이용을 포기하고 바이오매스 에너지 이용의 비중이 크다는 점에서 우리나라에 시사하는 바가 크다. 모타니(2015)는 오스트리아 산촌의 에너지 자립 사례를 소개하는데 이는 우리나라 농산촌에 적용할 수 있을지 살펴볼 필요가 있다. 이하에서 오스트리아의 목질 바이오매스의 에너지 이용과 에너지림 조성을 살펴본다.

2. 오스트리아 재생가능 에너지 이용 현황

재생가능 에너지는 지속가능한 에너지 미래로 나아가는 데 중요한 수단인데, 2015년 파리 기후변화협정에서 확인된 것처럼 탈탄소사회를 목표로 한다. 재생가능 에너지원의 이용가능성과 에너지 변환의 효율성에 따라 사회가 장기적으로 소비할 수 있는 에너지의 양을 결정한다. 이러한 이유로 국가 에너지믹스에서 재생가능 에너지의 비중은 중요하다.

2015년 오스트리아 1차 에너지는 39만 1,527GWh(1,409.5PJ)이며 2014년보다 2.6% 높아졌다. 같은 기간 최종 에너지 소비는 3.0% 증가하였다. 에너지 소비는 가계, 수송, 산업에서 증가했는데, 그 이유는 열 소비가 늘었기 때문이고 낮은 연료 가격과 경제성장 때문이다.

EU의 기후에너지 패키지 2020에 따라 오스트리아는 국가 에너지믹스에서 재생가능 에너지의 비중을 34%까지 올리기로 하였다. 2015년 재생가능 에너지의 비중은, EU Directive 2009/28/EC의 정의에 따르면, 32.8%이었다〈표 1〉. 전년보다 0.1% 상승하였다. 절대 값으로

〈표 1〉 최종 에너지 소비에서 재생에너지 이용의 비중(2015년)

재생에너지의 전체 비중	32.8%
• 재생 전기의 비중	69.3%
• 재생 지역난방의 비중	45.1%
• 수송의 최종 에너지 소비에서 재생에너지의 비중	10.1%
• 산업의 최종 에너지 소비에서 재생에너지의 비중	38.5%
• 서비스 부문의 최종 에너지 소비에서 재생에너지의 비중	46.1%
• 가계의 최종 에너지 소비에서 재생에너지의 비중	51.9%
• 농업의 최종 에너지 소비에서 재생에너지의 비중	50.9%

자료: BMLFUW(2016a).

보면 재생가능 에너지는 전년보다 3.5% 증가하여 106.694GWh 또는 384.1PJ에 이른다. 2014년 EU28의 최종 에너지 소비에서 재생가능 에너지의 비중은 16.0%이다.

재생가능 에너지에서 가장 많은 것은 수력(37.3%), 고형 바이오매스(29.2%)이다. 그 다음은 지역난방(9.8%), 바이오연료(7.3%), 흑액(6.1%)이다. 풍력, 태양열, 주변 열, 바이오가스, 지열, 태양광발전은 합쳐서 10.3%이다〈표 2〉. 전기 소비에서 가장 많은 것은 수력이지만 열 소비에서 가장 많은 것은 바이오매스이다.

재생가능 에너지의 이용 덕분에 오스트리아는 2015년 이산화탄소 배출량 2,900만 톤을 감축하였다. 대규모 수력발전을 고려하지 않아도 신재생 에너지원에 의한 배출량 감축은 1,710만 톤에 이른다. 배출량 감축은 2014-2015에 2.2% 증가하였다. 바이오연료와 전기부문에서 대규모 감축이 있었기 때문이다. 전기부문에서 1,730만 톤, 열 부문에서 960만 톤, 연료 부문에서 210만 톤의 이산화탄소를 줄였다.

재생가능 에너지 이용 부문의 매출은 2015년 69억 유로에 이르며 이는 전년보다 3.1% 증가한 것이다. 이 추세는 한편으로 바이오매스 연료의 판매 증가에서 비롯되며, 다른 한편으로 태양광 발전, 열 펌프, 풍력의 확대에서 비롯된다. 고용 효과는 2.4% 상승하여 2015년에 약 3만 7,000개의 일자리를 유지한다. 오스트리아 국민경제에서 재생가능 에너지 사용의

〈표 2〉 재생 에너지원의 최종 에너지 소비량(2015년)

재생에너지원별 전기 소비량	49,777GWh/ 179.2PJ
• 수력	39,752GWh
• 풍력	4,679GWh
• 바이오매스(고형, 액상, 기체)	3,299GWh
• 흑액	1,110GWh
• 태양열	937GWh
• 지열	0.1GWh
재생에너지원별 열 소비량	49,157GWh / 177.0PJ
• 바이오매스	28,984GWh
• 지역 열 생산	10,494GWh
• 태양열 에너지	5,423Gwh
• 주변 열	2,129GWh
• 지열	2,043GWh
재생 연료	7,760GWh/ 27.9PJ
• 바이오연료	7,760GWh
합계	106,694GWh/ 384.1PJ

자료: BMLFUW(2016a).

의미는 매출 및 고용 효과 이상이다. 재생가능 에너지 사용의 증가는 에너지 자급률을 높이고, 화석 연료 수입으로 인한 외환의 국외 유출을 줄이며, 화석 연료 수입 의존도를 낮추어 국민경제의 위기 대처 능력을 높일 뿐만 아니라, 경제 구조를 미래지향적 경제 및 에너지 시스템으로 전환하는 효과를 얻는다.

3. 목질 바이오매스의 에너지 이용

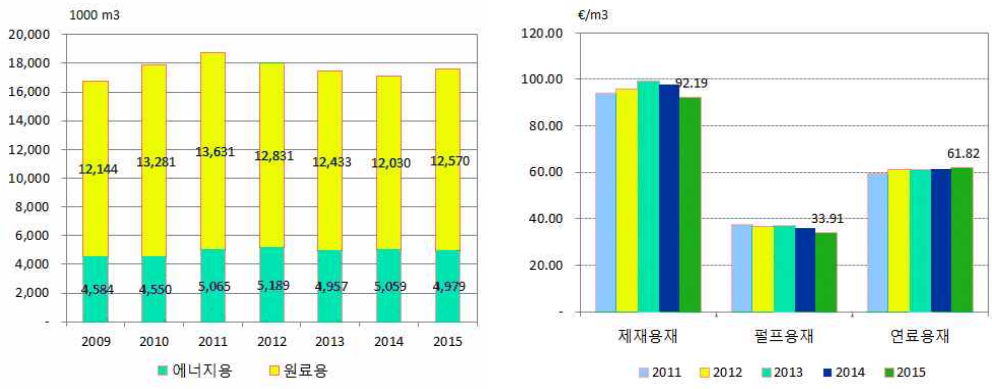
3.1. 목재의 에너지 이용

오스트리아 2015년 목재생산량은 1,755만㎥이다. 목재생산량의 54.1%는 제재용재로, 17.5%는 산업용재로, 28.4%는 에너지원으로 사용되었다〈그림 2〉. 목재는 산업용 원료 이용에 더하여 에너지로서 이용가치가 점점 더 중요해진다. 오스트리아에서 에너지원으로서 목재를 이용하는 것이 다소 정체되기도 하였지만 최근 크게 주목받는다.

목재는 주로 열 생산에 쓰인다. 2011년 에너지로 이용한 총량의 94.4%는 열 생산에 사용되고 나머지 5.6%는 에코전력 생산에 사용되었다. 앞으로 연료 생산은 추가적인 잠재 이용이 될 것이다.

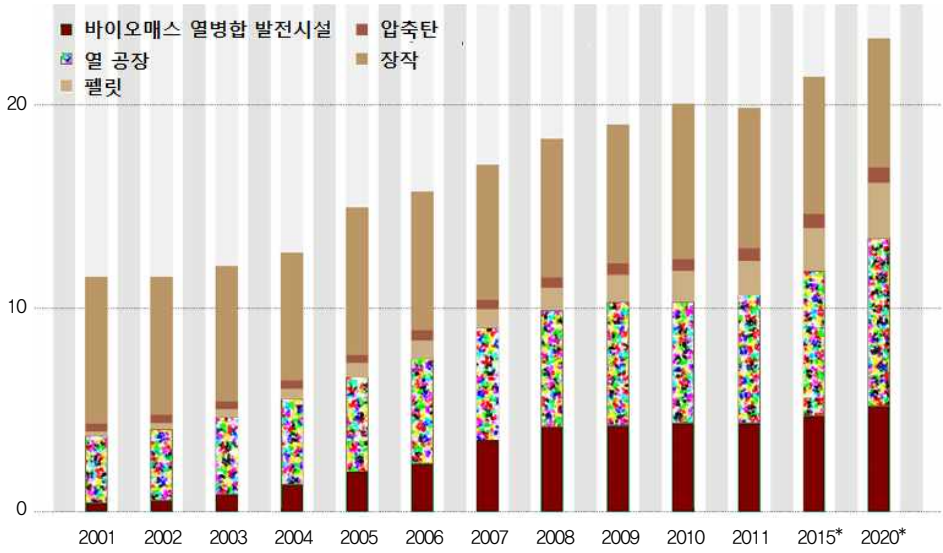
나무는 사실 연료로서 다른 에너지와 경합하지 않는다. 나무를 태워도 탄소중립성(carbon-neutral)이 유지되는데, 이는 나무가 자라면서 대기에서 흡수한 탄소량만을 배출한다는 것이다. 산림이 풍부한 오스트리아에서 국내 원료를 이용하면 수입 화석연료 의존을

〈그림 2〉 오스트리아 목재생산(좌)과 원목가격(우)



자료: BMLFUW(2016b: 5).

〈그림 3〉 에너지원으로서 목재 이용과 수요 전망(단위: 백만㎥)



주: 2001~2011년은 실적이며, 2015~2020년은 전망임.
자료: BMLFUW(2016c).

줄일 수 있다. 화석연료는 대개 분쟁지역에서 수입하기 때문에 안정된 공급을 확보하는 데 불확실성이 있다.

목재의 에너지 이용은 부가가치와 일자리를 창출한다. 이는 오스트리아의 수지를 개선하는 데 화석연료의 구입비용이 큰 부담을 주기 때문이다. 국제적으로 보면 오스트리아는 바이오매스의 에너지 이용을 주도하는 국가의 하나이다. 국내 에너지 소비에서 재생에너지 비율은 약 32%(2012)이고 바이오매스는 약 18%이다. 바이오 에너지의 80% 이상이 목재에서 유래한다.

〈그림 3〉은 2001~2020년 목재의 에너지 이용과 수요전망을 보여준다. 목재 소비는 바이오매스 기반 CHP(Combined Heat and Power) 시설과 열 생산 시설에서 크게 증가하였다. 펠릿은 상대적으로 최신의 녹색연료인데, 역시 빠르게 성장하였다. 압축탄 소비는 비교적 완만하게 유지하였고, 장작 소비도 다소 비슷한 수준이다. 오스트리아 에너지청(AEA)의 전망에 따르면 나무의 에너지 이용은 2020년 2,500만㎥에 이를 것이다.

오스트리아는 재생에너지의 비중과 기후변화 대응에서 야심찬 목표를 세웠다. 재생에너지의 비중을 2005년 23.3%에서 2020년에는 34%로 올린다는 것이다. 목재의 집약적 이용은 이 목표의 달성에 중요할 역할을 할 것이다.

3.2. 에너지림 재배

에너지림은 성장이 빠른 나무를 농지에 밀식하여 단기간에 벌채하여 연료로 사용하는 나무의 밭인데, 단벌기 맹아림(Short Rotation Coppice, SRC)라고 한다. 목질 바이오매스의 에너지 이용에 관심이 높아지면서 지속적으로 에너지 원료를 확보하는 방법의 하나로 주목받는다. 심는 장소는 농지를 이용하는 경우가 많다. 심는 수목을 에너지목, 경지목, 플랜테이션목, 단벌기목 등으로 부르는데, 구체적으로 포플라, 버드나무, 자작나무, 오리나무, 마로니에, 아까시나무 등이고 베어낸 밑둥에서 맹아갱신할 수 있는 조생(早生)의 낙엽수이다. 화석연료가 보급되기 전에는 마을숲에서 땔나무를 구했다. 소위 마을숲 에너지인데, 현재의 에너지림 경영도 이와 비슷하다. 에너지림 면적의 공식 통계는 없지만 〈표 3〉과 같이 추정한다.

〈표 3〉 농지의 에너지림 재배 면적

	ha
이탈리아	5105
독일	≈1000
오스트리아	115

자료: Francescato and Antonini(2009).

농림업회의소는 에너지림을 시작하는 농가에 재배지 선정, 품종 선택, 심는 방법, 관리, 비료, 해충대책 등 농지 선정에서 수확에 이르기까지 자세한 기술을 지도한다. 에너지림은 수확이 15~20년 이어지기 때문에 재배지 선정과 품종 선택이 중요하다. 재배지가 지금까지 농지로서 이용된 곳이라면 포플러와 버드나무가 적당하다. 다만, 물 이외에 인산과 칼륨을 포함하는 것이 중요한 조건이므로 미리 토양검사를 한다. 충분한 강수량이 있고 보수력이 있는 토양이 좋다.

에너지목으로 선택된 수목은 뿌리 힘이 매우 강하기 때문에 지표에서 약 4m 깊이의 물까

〈표 4〉 에너지 목의 종류

	버드나무	포플라A종	포플라B종
벌채기	3년	2년	5년 이상
심는 방법	2열	1열	1열
삽목수/ha	13,000~16,000	6,000~8,500	1,000~2,000

자료: 西川力(2016).

〈표 5〉 1ha당 1년간 수확량(포플라와 버드나무)

단위: 톤(절건중량)

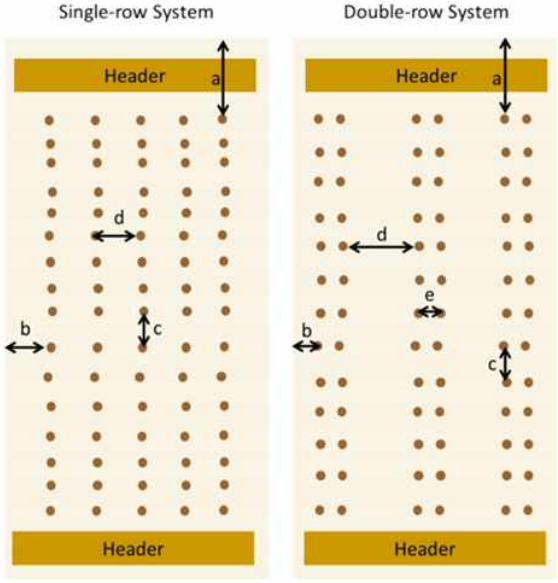
품종	한계지	표준지	최적지
포플라	7-10톤	12-15톤	16-25톤
버드나무	7-12톤	12-14톤	15-25톤
벌채시에 칩으로 하면 다음 용적이 됨. ㎥(칩 용적)			
	45-60㎥	60-90㎥	90-120㎥

자료: 西川力(2016).

지 뿌리가 닿는다. 곡물재배에 적합하지 않은 곳도 에너지목이라면 충분한 수확량을 얻을 수 있다. 자갈이 많은 채석장 터와 침식이 있는 농지에서도 가능하다. 그러나 물과 인산과 칼륨이 없어서는 안 된다. 뿌리가 5~10cm 정도까지 뻗으면 가장 중요한 시기인 5월경에 강수가 없으면 관수해 주어야 한다.

나무를 심는 방법은 삽목이다. 재배면적이 넓은 경우에 기계로 심지만, 그렇지 않으면 손으로 심는다. 감자 심는 기계를 활용할 수 있다. 삽목하는 시기는 2~5월이다. 일렬식재 또는 이열식재를 많이 한다〈그림 4〉. 포플러를 일렬식재하는 경우라면 삽목의 간격은 40~75cm, 열의 간격은 2.8~3m, 1ha에는 6,000본에서 8,500본을 심을 수 있다. 맹아가

〈그림 4〉 단벌기 에너지림 식재방법



자료: Dimitriou and Rutz(2015).

나타나기까지 약 3~4주 걸린다. 그 후 6개월 정도까지 어린나무는 아직 약하기 때문에 잘 관찰해야 한다.

수확기는 잎이 떨어진 11월 이후부터 이듬해 3월까지이다. 잎이 붙어있을 때 벌채하면 수목의 생명활동을 방해하므로 말라죽기도 한다. 벌채방법은 다음 3종류가 있고 심을 때부터 벌채방법을 결정해 두는 것이 좋다.

먼저, 기계톱을 이용하는 경우이다. 2인1조로 작업하는데, 한 사람은 뿌리 가까이에서 기계톱으로 자르고, 다른 한 사람은 나무가 쓰러지는 방향에서 준비한다. 넘어진 나무는 프론트로더가 부착된 트랙터로 모아서 바이오매스 집적소로 옮기고 가을까지 그대로 둔다. 나무를 다룰 때 작업량을 줄이는 게 중요하다. 나무는 무겁고 부피도 크기 때문에 일손과 비용을 줄이기 위해 이동을 최소화해야 한다. 이는 중요한 비용관리이다. 벌채할 때 함수율은 50~60%인데 가을까지 방치하면 내려간다. 이를 이동식 칩퍼를 이용하여 칩으로 가공하여 사용자에게 납품한다. 기계톱 벌채는 일손이 많이 소요되지만 비교적 작은 에너지림에 적합하다.

두 번째는 임업기계를 사용하는 것이다. 벌채기가 7년을 넘어 줄기가 굵어지면 하베스터와 같은 임업기계를 이용한다. 모아진 나무에서 제재용재로 사용할 수 있는 것은 골라내고 남은 것은 금방 혹은 잠깐 두었다가 납품한다. 칩으로 납품하는 경우도 있다.

세 번째는 벌채 칩퍼를 이용하는 것이다〈그림 5〉. 이 기계는 하나의 공정으로 벌채와 칩 제조를 동시에 수행한다. 벼 베기와 탈곡을 하나의 공정으로 처리하는 농기계 콤바인과 비슷하다. 벌채 칩퍼는 1시간에 1ha를 처리할 수 있으며 에너지목을 베어 즉시 칩으로

〈그림 5〉 벌채칩퍼를 이용한 에너지림 수확

자료: http://bioenergycrops.com/ (검색일:2018.12.15.).

가공한다. 칩은 나란히 달리는 트랙터 짐칸에 쏟아진다. 효율이 높고 저렴하여 가장 많이 보급된 벌채방법이다. 그러나 이는 벌채가 수년인 경우밖에 사용하지 못한다. 줄기의 굵기가 12cm부터 14cm까지라는 제한이 있기 때문이다. 또한 경사면에는 적합하지 않다.

西川力(2016)는 슈타이어마르크 주의 에너지림 사례를 소개한다. 이 지역에서 전기와 가스를 공급하는 것은 슈타이어마르크 에너지 회사이다. 이 회사는 에너지림의 보급을 적극 지원하는데, 생산자와 구입계약을 맺고 에너지림에서 수확한 바이오매스를 구입한다. 에너지 공급회사로서 전기와 열 공급을 지역에 뿌리내리는 것을 목표로 하기 때문이다.

계약에서 결정하는 거래량은 수목의 수명기간만큼 보증된다. 구입가격은 물가와 연동하지만 농가 입장에서 만족하는 수준이다. 2012년의 가격은 절건중량 1톤당 102유로(약 14만원)이었다. 가격은 나무의 에너지량을 기준으로 정하므로 수분이 많으면 가격은 낮아진다. 회사는 가격표에 따라 계약한 원료를 인수한다.

오스트리아는 에너지림 보급을 위한 기술 지원만이 아니라 최장 30년 동안 농지로 인정하도록 법률을 정비하였고, 바이오매스 집적소라는 유통 거점을 설치하였다. 농가가 안심하고 에너지림에 노력하도록 환경을 정비하였다.

1ha의 에너지림이 생산하는 에너지는 평균 7만kWh이다. 이 에너지로 5세대가 1년간 필요로 하는 열과 전기를 모두 조달할 수 있다. 또한 7만kWh는 석유 7,000리터에 상당하고 이산화탄소의 배출감축량은 19톤이다. 에너지림에 대한 기대가 클 수밖에 없다.

슈타이어마르크 에너지 회사는 바이오매스 열병합 발전소를 운영하는데 칩 용량으로 연간 25만㎥의 목질 바이오매스를 사용한다. 그리고 8개의 바이오매스 열 플랜트는 연간 13만㎥의 목질 바이오매스를 사용한다. 2011년 에너지림의 원료공급은 그중 1%에 불과한 1,300㎥이었다. 지역의 에너지림 재배자들은 생산한 목재의 공급을 전체의 10~15%로 확대하는 것을 목표로 한다.

3.3. 지원제도

재생가능 에너지원의 이용을 개발하고 촉진하는 것은 오스트리아 에너지 정책에서 중요하게 다루어진다. 수력 발전을 제외하면 재생가능 에너지지원에서 열과 전기를 생산하는 것은 화석연료에서 생산하는 것보다 비싸다. 재생가능 에너지 기술의 시장 진입을 위하여

연방과 주 정부는 다양한 방법으로 이들 기술을 지원한다. 재생가능 에너지 기술뿐만 아니라 에너지 소비에서도 효율성을 높이는 기술을 지원한다. 바이오매스 플랜트의 보조금 비율은 순투자비용의 20%~30%이다. 오스트리아 에너지 정책보조는 원료보다 기술에 초점을 둔다.

바이오매스 지역난방시설은 환경 관련 투자비용의 25%를 보조한다. 열 공장에서 생산하는 우드칩의 80% 이상을 지역에서 생산한다면 표준 보조비율에 5%를 추가한다. 지역의 바이오매스 이용을 자극함으로써 해외에서 원료를 수입하는 것을 억제한다. 바이오매스의 장거리 수송은 지속가능성 개념에 부합하지 않으며 재생가능 에너지의 이용을 의문스럽게 한다. 게다가 지역 밖에서 원료를 구입하는 것은 지역 생산물의 부가가치 창출 기회를 줄이기도 한다.

4. 시사점

오스트리아는 풍부한 산림자원을 산업용 원료뿐만 아니라 에너지로 사용하면서 화석연료와 원자력 에너지 의존을 줄이고자 노력한 사례로서 참고할 만하다. 오스트리아의 목질 바이오매스 에너지 이용을 정리하면서 다음과 같은 시사점을 도출하였다.

첫째, 국내 산림 바이오매스의 에너지 이용을 적극 모색할 필요가 있다. 우리나라에서 산림은 국토의 64%를 차지하지만 자원의 이용에서는 매우 미흡하다. 숲가꾸기 과정에서 바이오매스가 대량 발생하지만 이용하지 않고 산지에 방치하는 경우도 많다. 이러한 산림 바이오매스를 농산촌에서 에너지로 이용하도록 지원하는 시스템의 구축이 필요하다. 우리나라도 발전소에서 목질 바이오매스를 이용하고 있지만 해외에서 수입하여 이용하는 실정이다. 국내 산림 바이오매스의 에너지 이용은 농산촌 일자리 창출과 에너지 자립에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

둘째, 유휴농지에 단벌기 에너지림 조성을 지원할 필요가 있다. 유휴농지에 에너지림을 조성하고 이를 발전소에 판매하거나 지역에서 에너지로 사용하는 것이다. 이는 목질 바이오매스 소비처를 개발하고 적정한 보조를 지원함으로써 가능하게 될 것이다.

셋째, 우리나라 실정에 맞는 중소규모의 바이오매스 에너지 시설을 조성해야 한다. 수년전 농산촌에 바이오매스 에너지 시설과 우드펠릿 생산시설을 지원한 바 있으나 지나치게 대형 시설을 조성하여 실패한 사례가 있다. 오스트리아는 마을의 크기를 고려하여 중소규모 시설을 다수 조성함으로써 바이오매스 에너지 이용의 효율성을 높였다.

참고문헌

모타니 고스케(김영주 역). 2015.『숲에서 자본주의를 껴안다.』동아시아.

민경택·석현덕·최준영. 2018.『산림경영의 수익성 개선을 위한 정책과제』R817 한국농촌경제연구원.

西川力. 2016.『ヨーロッパバイオマス産業ﾘﾎﾟｰﾄ: なぜオーストリアは森でエネルギー自給できるのか.』築地書舘. 東京.

BMLFUW(Bundesminister für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft). 2016a. *ERNEUERBARE ENERGIE IN ZAHLEN 2016: ENTWICKLUNG IN ÖSTERREICH DATENBASIS 2015.* BMLFUW

_____. 2016b. *GRÜNER BERICHT 2016.* Bern, Austria. BMLFUW.

_____. 2016c. *Sustainable Forest Management in Austria: Austrian Forest Report 2015.* BMLFUW.

Francescato, V. and Antonini, E. 2009. *Energy Crops in Arable Land. Biomass-Trade-CentreII. www.biomasstradecentre2.eu* .검색일: 2017.12.07.

Friedl, K. 2017. "オーストリアの林業のデジタル化." Presented an the Nagano Wood Fair.

Dimitriou, I. and Rutz, D. 2015. Sustainable Short Rotation Coppice: A Handbook. WIP Renewable Energies, Munich, Germany.

Loibnegger, T. 2010. *Telling the Story in Austria: Sustainable Wood Energy Supply.* Woodheat Solutions. https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/whs_austria_sustainable_wood_energy_supply_en.pdf.검색일: 2017.12.07.

Kopetz, H. 2014. *The success of woody biomass in Austria and its application to Japan.* RENEWABLE ENERGY INSTITUTE. https://www.renewable-ei.org/en/column/column_20140508.php.검색일: 2017.12.03.

참고사이트

위키피디아 (https://ko.wikipedia.org/wiki/%EC%98%A4%EC%8A%A4%ED%8A%B8%EB%A6%AC%EC%95%84). 검색일: 2017.12.08.