



폐자원 및 바이오매스를 이용한 에너지자립 마을 구축에 관한 연구

이택관*, 이종연*, 김영준†

한국환경공단*, 가톨릭대학교 생명환경공학부 환경공학전공
(2011년 6월 14일 접수, 2011년 6월 23일 수정, 2011년 6월 25일 채택)

A Study on the Construction of Zero Energy Village using Waste and Biomass

Taek-Gwan, Lee*, Jong-Yeon Lee*, Young-Jun Kim †

* Korea Environment Corporation, School of Biotechnology and Environmental Engineering,
The Catholic University, Bucheon, Korea † corresponding author

ABSTRACT

This paper introduces about the study on the construction of zero energy villages in Korea using waste and biomass, and explains how to analyze the quantity of various resources from agriculture, livestock industry, forestry, and food waste with a village as a unit. Finally, three different scenarios for the construction of zero energy villages were suggested, based on the presumed amount of energy per each town.

Keywords : Zero energy villages, Biomass, Organic wastes

초록

본 연구는 국내에서 추진중인 에너지자립도 제로마을의 구축을 위하여 다양한 바이오매스의 활용방안에 대하여 소개하였고, 각 지역에서 발생하는 바이오매스의 활용가능성을 구체적으로 구현하고자 마을단위에서 음식물류폐기물, 가축분뇨, 각종 임업 및 산림폐기물의 생성량 및 그 현황을 조사, 분석하였으며, 마을단위별 추정 에너지량을 바탕으로 에너지 자립마을 조성을 위한 3가지 시나리오를 설정하였으며, 이를 기준으로 행정단위별 100% 에너지자립마을의 크기 및 규모를 분석하였다.

핵심용어 : 에너지자립도 제로마을, 바이오매스, 유기성폐기물

1. 서론

최근 고유가 상황이 지속되고 지구환경에 대한 국제적 관심이 높아지면서 안정적이고 깨끗한 미래 에너지원의 확보가 무엇보다도 중요한 과제로 부각되고 있다. 지속가능한 발전과 성장을 위해 자원순환형 사회라는 목표를 두고, 화석에너지의 고갈문제와 동시에 환경문제에 대한 핵심 해결방안이라는 점에서 유럽·일본 등 선진국을 중심으로 세계는 폐자원 에너지화에 전력투구하고 있다. 경제협력개발기구(OECD) 선진국들이 신재생에너지 이용률을 2008년 기준으로 2020년까지 약 두 배가량 늘리는 것을 목표로 하고 있으며, 신재생에너지 중 '폐자원 및 바이오매스'의 이용률은 현 수준과 비슷하게 가장 많은 비중으로 유지하겠다는 계획을 추진하고 있다. 이에 따라 신재생에너지 중 '폐자원 및 바이오매스' 에너지량이 가장 많이 증가할 것으로 예상되고 있다¹⁾.

세계 각국은 지속가능 국가발전의 원동력을 '에너지 안보'로 규정하고 '지속가능한 경쟁력 있는 에너지 확보'라는 목표 아래 기후변화협약과 연계한 재생에너지 정책을 추진하고 있다. 추진정책의 핵심은 폐자원 에너지화를 포함한 친환경 바이오에너지 생산기술의 개발 및 시장의 활성화이며, 이를 통한 에너지 자급률 향상 및 세계 환경시장 선점을 전략목표로 수립하고 있다.

EU는 에너지안보를 위한 전략으로 지난 2000년에 '그린페이퍼'를 발표해 바이오매스가 80%의 비중을 차지하는 신재생에너지 비중을 지난해까지 약 두 배가량 끌어 올렸으며, 기술개발 및 시장 활성화를 위한 '바이오매스 액션플랜'을 2005년 발표해 기술의 개발·보급과 이를 통해 유럽시장과 더불어 아시아 청정개발체제(CDM) 시장과 같은 새로운 시장 개척에 주력하고 있다²⁾.

독일은 1990년대부터 폐자원 에너지화사업을 추진해 기술 우위 선점 및 국가 성장동력으로 활용하고 있으며, 현재 유기성 폐자원을 활용한 바이오가스 생산을 최대화하는데 초점을 두고 개별 농가형 시설 1,900개를 운영하는 등, 2009년에 4671곳의 생산시설에서 1,724MW의 전기를 생산하고 있으며, 2008년도의 바이오가스 생산용 작물 재배면적은 50만ha에 달하고 있다³⁾.

일본에서도 음식물쓰레기와 하수슬러지, 양돈 분뇨 등의 유기성폐자원을 이용하여 메탄가스를 발생시켜 이를 에너지원으로 활용하는 바이오매스타운을 운영 중이며 이를 통하여 CO2배출량 감소, 친환경 유기농산물 생산 등의 환경적, 경제적 효과를 거두고 있는 것으로 보고되고 있다⁴⁾.

국내에서도 국제적 국가 경쟁력 향상과 대응을 위한 신성장동력으로 '저탄소 녹색성장'을 국가 정책의 핵심으로 선정하였으며, 2008년 10월 '녹색성장과 기후변화 대응을 위한 폐자원 및 바이오매스 에너지 대책(안)'을 발표하였다. 본 대책과제 중 7대 중점 추진과제의 하나로써 "저탄소 에너지 자립마을 600개 조성"과제가 포함되어 있으며 이는 각 지역별로 발생하는 폐자원 및 바이오매스를 마을단위로 이용하여 마을의 에너지자립도를 2020년까지 40~50%까지 제고함을 목표로 하고 있다⁴⁾.

본 연구는 이 같은 정부의 에너지 자립마을(녹색마을) 구축에 대한 추진책의 일환으로 지역별 폐자원 및 바이오매스의 잠재량 및 가용량을 산정하여 이를 바탕으로 에너지 자립마을을 조성을 위한 3가지 시나리오를 설정하였으며, 이를 기준으로 행정단위별 100% 에너지 자립마을의 크기 및 규모를 분석하였다.

2. 폐자원 및 바이오매스 잠재량 및 가용량 산정방법

2.1 폐자원 및 바이오매스 자원목록

활용 가능한 폐자원 및 바이오매스 목록화를 위하여 농산바이오매스, 축산바이오매스, 도시폐기물, 임산폐기물로 분류하여 발생 및 이용현황에 대한 내용을 분석, 정리하였다.

2.2 농산부산물 산정

농업부산물의 발생량은 재배면적별 원단위를 이용한 추정법이 일반적으로 사용되지만 국내의 농산부산물의 별도 통계조사가 이루어지지 않고 있다. 따라서 작물별 부산물 발생량은 여러 연구자들의 연구결과를 바탕으로 작물별 생산원단위와 부산물 발생원단위를 정리하여 사용하였다.

농산부산물의 바이오매스 잠재량 산출에 있어서 작

물통계를 기본 통계로 활용하였으며, 주요 작목별 시군구별 경작지 현황에 대한 통계조사 자료를 활용하였다^{5)~8)}.

2.3 축산폐기물 산정

가축분뇨 발생량은 축종별 사육두수에 발생원단위를 곱해서 산출하였다. 가축분뇨 발생원단위는 축사의 형태, 축종, 사육여건 등에 따라 차이가 있으며, 조사대상 주체에 따라 차이가 있으며, 조사대상 주체에 따라 상이한 결과를 제공하고 있는데, '08년 환경부에서 발표한 '가축분뇨 배출원 재산정' 결과를 이용하였다⁹⁾.

축산폐기물 바이오매스 에너지 잠재량 산출에 있어서 가축통계(2009)를 이용하였으며, 소(육우, 젖소), 돼지, 닭(닭, 오리)의 사육두수에 대한 현황 통계자료를 이용하였다. 소는 각각의 축종에 따라 우분 배출량이 다르고, 닭과 오리도 별도의 산출 계수의 어려움을 감안하여 잠정적으로 동일한 발생량 계수를 적용하였다^{7)~8)}.

2.4 임산부산물 산정

임산 바이오매스 자원량은 산림기본통계조사(2005)에 임상별(활엽, 침엽, 혼효림) 임목축적량 자료를 수집하여 임목바이오매스 잠재량 추정에 이용하였다. 바이오매스량은 임목축적량과 임상별 전건량 비중을 곱하고, 에너지량 환산을 위해 임상별 발열량을 적용하여 잠재 에너지량을 산출하였다^{7)~8)}.

2.5 음식물류폐기물 산정

시·군 단위의 음식물폐기물 발생량을 TOE로 환산한 뒤, 인구수로 나누어 원단위 발생량을 구한 다음, 면단위 인구수를 곱하여 해당 면의 음식물폐기물 에너지 발생량을 추정하였다⁵⁾.

3. 결과 및 고찰

3.1 폐자원과 바이오매스의 자원 목록

국내에서 발생하는 바이오매스는 농업계, 산림계, 폐기물계로 분류 할 수 있으며, 이용 형태에 따라서 에너지 이용과 물질의 이용으로 분류 될 수 있다. 농업계 바이오매스는 농업부산물과 가축분뇨가 대표적이며, 산림계는 임목벌채량, 폐기물계는 음식폐기물, 하수 및 분뇨 슬러지, 가연성 폐기물이 대표적이다. 각 폐자원 및 바이오매스의 대표적 자원을 바탕으로 에너지로 환산 가능한 자원을 분류하여 폐자원 및 바이오매스의 에너지 자원량 산정 인벤토리로 선정하고 그 항목을 [Table 1]에 제시하였다.

3.2 폐자원 및 바이오매스 잠재량 산정

국내 폐자원 및 바이오매스 잠재량을 산출한 결과를 [Fig. 1] ~[Fig. 4]에 나타내었다. 폐자원과 바이오매스 에너지는 농산부산물, 축산폐기물, 도시폐기물(음식폐기물), 임산부산물로 구분하였으며 에너지 잠재량을 추정한 결과, 지역별로 농산부산물은 경북> 전남> 충남> 전북> 경기> 경남, 축산폐기물은 경기> 충남> 경북> 전남> 전북> 경남, 도시폐기물은 서울> 경기>

[Table 1] 자원화 목록 작성 인벤토리 항목

구분	통계상 가능한 자료		에너지 잠재량
농업부산물	미곡, 맥류, 잡곡, 두류, 서류, 과채류, 엽채류, 근채류, 조미채류, 참깨, 들깨, 땅콩, 유채, 과실류		벼짚, 왕겨, 쌀보리, 대두(줄기), 고구마(줄기), 사과(전정지)
	예) 춘천시 : 모든 항목 생산량(53,578톤), 에너지잠재량 항목 생산량(20,000톤)		
임업부산물	침엽수림, 활엽수림, 혼효림		침엽수림, 활엽수림, 혼효림
축산폐기물	사육두수 및 분뇨발생량	소(한우, 젖소), 돼지, 닭	소(고기소, 젖소), 돼지(육성돈, 모돈, 종돈), 닭(닭, 오리)
도시폐기물	음식폐기물, 하수슬러지, 분뇨, 가연성폐기물		가연성폐기물

울산, 임산부산물은 강원> 경북> 경남 순으로 높게 나타났다.

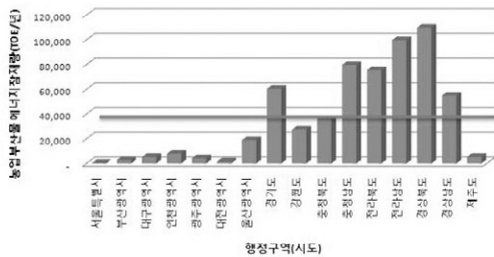
3.3 에너지 자립마을단위의 산정 및 에너지유형별 시나리오 설정

본 연구에서는 600개의 에너지 자립마을로 조성 가능한 지역을 추정하기 위한 기본적인 마을단위를 '리' 단위로 설정하였는바, 이는 국내 전 지역에서 조사된 잠재 에너지량을 검토한 결과에 따른 것으로, 총 부산물 수거에 따른 에너지 공급량을 산정하기 위한 행정단위는 '면' 단위로 하되 에너지 자립마을을 위한 단위는 해당 면내의 '리' 단위가 합당할 것으로 판단된 결과이다.

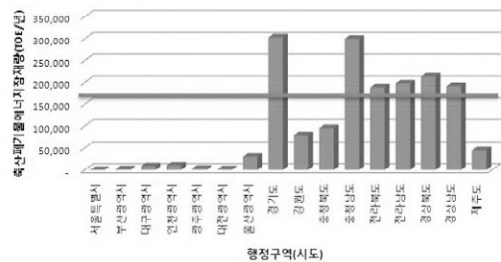
에너지 공급량을 산정하기 위하여 사용된 부산물은 농업부산물, 임업부산물, 도시폐기물(음식물폐기물), 축산폐기물로 하였으며, 에너지 사용량은 도시지역과 농촌 지역의 차이를 고려하여 계상된 각 지역의 원단위 TOE의 값에 '리' 단위 인구수를 곱하여 총 '리'에서 사용하는 에너지사용량을 산정하였다. '리' 인구수는 조사된 통계자료가 없어서 '면' 단위 인구수를 대상으로 이에 속한 총 '리'의 개수로 나누어 '리' 단위의

인구수를 산정하였다. 각 리 단위의 마을별 에너지 자립율은 에너지 발생량을 에너지 소비량으로 나눈 값으로 계산하였고 면단위별로 수집된 에너지화 가능 부산물을 기초로하여 에너지자립율 100%를 기준으로 설정하였다.

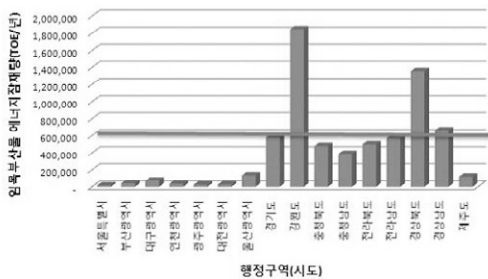
마을단위별 발생가능한 바이오매스 및 이용가능한 에너지량을 기준으로 3가지 유형의 시나리오를 설정하였으며 이에 따른 100% 에너지 자립마을 구축에 필요한 '리' 단위의 행정규모를 산출하였다. [Table 2] 시나리오 1의 경우에는 '면' 지역에서 발생하는 농업 부산물, 축산폐기물, 임산부산물, 음식물폐기물을 모두 사용한다고 가정하였으며, 이를 모두 에너지(TOE)로 환산하여 각 해당 '리' 지역의 에너지 사용량(TOE)으로 나눠 에너지 자립율 100%인 지역을 조사하였다. 시나리오 2의 경우, 정부에서 구축중인 시범마을에서 임산부산물의 실제 에너지 사용량은 전무한 것으로 판단되어 제외시켰으며, 농업부산물 및 축산폐기물은 퇴비 및 사료 등으로 사용하는 양을 제외하여 각각 발생량의 15%, 17%를 고려하였다¹⁰⁾. 음식물류폐기물은 100% 사용을 전제로 하였다. 시나리오 3은 시나리오 2와 동일하나, 축산폐기물의 퇴·액비사용 이후의 에



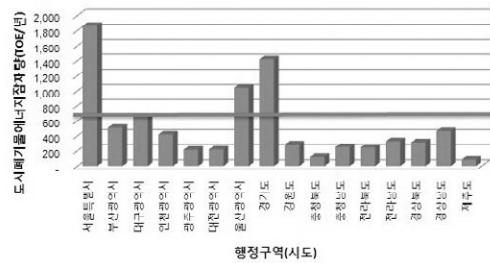
[Fig. 1] 국내 농산부산물 에너지 잠재량(TOE).



[Fig. 2] 국내 축산폐기물 에너지 잠재량(TOE).



[Fig. 3] 국내 임목부산물 에너지 잠재량(TOE).



[Fig. 4] 국내 도시폐기물 에너지 잠재량(TOE).

[Table 2] 가용부산물별 구축가능한 마을유형 및 마을규모

시나리오	가용 부산물	부산물 사용량	자립률 100% 마을 규모
1	농업부산물, 축산폐기물, 임산부산물, 음식물폐기물	총 부산물 100% 사용	행정리: 1,202개, 법정리: 886개
2	농업부산물, 축산폐기물, 음식물폐기물	농업부산물 15%, 축산폐기물 17%, 음식물폐기물 100%	행정리: 360개, 법정리: 68개
3	농업부산물, 축산폐기물, 음식물폐기물	농업부산물 15%, 축산폐기물 83%, 음식물폐기물 100%	행정리: 1,006개, 법정리: 646개

너지화 등을 고려하여 83%로 산정하였다.

4. 결론

본 연구에서는 2020년을 대비하여 전국에 600개의 에너지 자립마을을 구축하기 위한 일환으로 전국의 바이오매스 잠재자원량을 파악하였고, 가용가능한 자원을 바탕으로 3가지 유형의 시나리오를 제시하고 이를 바탕으로 100%의 에너지 자립을 위한 마을단위와 규모 등을 고찰하였다. 최근 비록 바이오매스에 대한 관심 및 이용도는 지속적으로 높아지고 있으나 이를 통한 100% 에너지 자립마을의 구축은 기술적, 정책적으로 많은 어려움과 숙제를 안고 있는 것이 사실이다. 본 연구에서 조사된 마을단위별 에너지사용량 및 에너지발생량에 따른 분석에 의하면 잠재적 바이오매스에 의한 에너지 자립도는 이론상 100%를 충족시키는 것으로 나타났지만 실제적으로 바이오매스에 의한 에너지의존도는 매우 낮을것으로 예상되며 마을단위의 에너지자립도를 제고하기 위해서는 조사된 바이오매스 이외에 태양, 풍력, 지열에너지 등의 자연력을 활용해야 할 것이다.

참고문헌

1. 산업자원부, “신.재생에너지 R&D 전략 2030 (유기성폐자원바이오에너지분야)”, (2007).
2. EU, “Green Paper”, (2010).
3. 환경관리공단, “저탄소 녹색마을 추진 매뉴얼”, (2009).
4. 환경부, “녹색성장과 기후변화대응을 위한 폐자원 및 바이오매스 에너지 대책”, (2008).
5. 각 시·군 통계연보, (2008).
6. 신재생에너지자원 데이터센터 (<http://kredc.kier.re.kr/kier/>)
7. 통계청, “농업총조사, 어업총조사, 임업 총조사, 인구총조사”, (2000).
8. 통계청, “농업총조사, 어업총조사, 임업 총조사, 인구총조사”, (2009).
9. 환경부, “가축분뇨 배출원 재산정”, (2008).
10. 한국농촌경제연구원, “농업부문 바이오매스의 이
용활성화를 위한 정책방향과 전략”, (2007). 