

ORIGINAL ARTICLE

산림바이오매스 이용 마을단위 지역난방에 관한 주민 인식 분석 - 화천 산림탄소순환마을 사례를 중심으로 -

유선화 · 김성학*

국립산림과학원 산림복지연구과

An Analysis of Residents' Perception on District Heating in the Village Unit Using Forest Biomass - Focused on the Case of Forest Carbon Circulation Village in Hwacheon -

Sun-Hwa Ryu, Seong-Hak Kim*

Division of Forest Welfare Research, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

Abstract

This study aims to identify participating resident awareness of the improvements to forest carbon cycle villages created by the Korea Forest Service by introducing a system for district heating based on forest biomass in mountainous areas. Hwacheon Forest Carbon Circulation village was established in Paroho-neureup village in Yuchon-ri, Hwacheon-gun between 2011 and 2013. However, its operation has not been smooth due to the increasing number of households rapidly leaving the district heating system. This study surveyed 76 households that participated in the district heating system using forest biomass in the early stages of the project. This includes households participating in the district heating system (participating households) and households not currently participating in the district heating system (withdrawal households) from September 2019. Surveys focused on the process of participating in forest carbon cycle village projects, and satisfaction in local heating and policy requirements. Of the 67 households, excepting those not allowed to participate in the survey due to death or having moved elsewhere, 36 households participated and 31 households the were in the process of leaving the village were also included. As a result, there was a significant difference between participating and exiting households in the motivation and satisfaction level of district heating. The results of this study are expected to reflect the importance of awareness of residents in the operation of the forest carbon cycle village. This will be utilized as an important dataset for improvement as a means to promote the re-entry of outgoing households. It will also help set the direction of the forest town revitalization project, utilizing forest biomass in the future.

Key words : Bioenergy, Forest biomass, District heating system, Forest carbon circulation village, Wood

1. 서론

최근 세계는 심각한 자연재해와 환경문제를 야기하는

기후변화에 공동으로 대응하기 위한 협약들을 추진하고 있다. 대표적으로 2015년 제 21차 유엔기후변화 협약 당사국 총회에서 지구 기온의 2°C 상승을 막아야 한다는

Received 31 January, 2020; Revised 6 March, 2020;

Accepted 10 March, 2020

*Corresponding author: Seong-Hak, Kim, Division of Forest Welfare Research, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea
Phone : +82-2-961-2862
E-mail : ksh0615@korea.kr

The Korean Environmental Sciences Society. All rights reserved.
© This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

파리협정이 체결되었고 이를 위해 전 세계 모든 국가는 지구의 온난화를 완화하기 위한 온실가스 감축의 의무를 갖게 되었다. 이에 따라 각 회원국들은 온실가스감축 목표를 설정하고 주기적인 보고서를 통해 실천하고 있다. 그러나 이러한 노력에도 불구하고 2018년 IPCC (Intergovernmental Panel on Climate Change) 특별보고서에 따르면 2017년 지구는 산업화 이전보다 약 1°C 상승했고 온난화 속도를 계속 유지한다면 2040년 전후로 1.5°C 상승할 것으로 예측하였다. 그 이상의 온도 상승을 막기 위한 목표에서는 2030년까지 CO₂ 순 배출량을 2010년 대비 45%를 감소시켜 2050년경에는 CO₂ 순 배출량이 거의 없는 NET-ZERO에 도달하는 모델을 제시하였다. 특히 에너지 부분에서는 2050년까지 50~65%를 신재생에너지로 공급하도록 시스템 전환을 요구하고 있다(IPCC, 2018).

우리나라에서는 2016년 제1차 기후변화 대응 기본계획을 발표 하였으나 이후 파리협약에 따른 신기후체제를 대비하기 위하여 2019년 10월 제2차 기후변화 대응 기본계획을 확정하였다. 제2차 계획에서는 온실가스 배출을 2030년까지 5억 3,600만 톤 감축한다는 목표를 설정하였다(Ministry of Environment, 2019). 온실가스 배출 감축을 위해서는 신재생에너지를 확대하여 기존의 화석연료를 대체함으로써 온실가스 배출을 줄여야 하며 산림을 통해 온실가스 흡수를 늘려야 한다. 신재생에너지에는 태양광, 풍력, 수력, 바이오매스 등이 있으나 그 중에서 바이오매스는 사람의 관리를 통해 에너지 생산을 조절할 수 있는 자원이다. 특히, 산림바이오매스는 저장과 수송이 가능하기 때문에 관리가 편리하고 쉽게 화석연료를 대체 할 수 있는 자원이다. 또한, 전국토의 60% 이상을 차지하는 산림을 온실가스 흡수원으로서의 역할을 평가받기 위해서는 지속적으로 조립하고 관리해야 하는데 이 과정에서 많은 양의 산림바이오매스가 부산물로 발생하기 때문에 최근 기후변화 대응을 위한 산림바이오매스의 이용이 더욱 많은 주목을 받고 있다.

산림탄소순환마을은 산촌마을 주택 난방시설의 에너지원을 화석연료에서 산림바이오매스로 대체하여 저탄소 녹색생활 실천과 산림바이오매스 활용을 촉진하고자 2010년부터 산림청에서 시범사업으로 추진하였다(Korea Forest Service, 2009). 봉화군과 화천군에 위

치한 2개의 산촌마을에 산림탄소순환마을을 조성하였지만 봉화군의 산림탄소순환마을은 2013년 조성 후 2016년부터 운영이 중단되었고 화천군 산림탄소순환마을은 2014년 조성 후 현재까지 운영 중에 있으나 여러 가지 문제로 운영이 원활하지 못한 상태이다(Cho, 2019; Ryu et. al., 2019). 이와 관련하여 조성 과정에서 사업 모델 및 유형 정립과 대상지 선별을 위한 평가 기준 및 인자 도출, 마을 현황 조사 및 분석 등 문제점 진단에 대해 다양한 연구자들이 연구를 수행한 바가 있다(Seo et al., 2011; Kang, 2012; Seo 2012). 최근에는 조성 후 화천 산림탄소순환마을의 운영수익과 산림바이오매스 이용 실태를 분석하여 연료 공급 시스템의 개선 방법을 제시한 연구도 발표되었다(Cho, 2019). 그러나 전반적인 연구 내용들이 산림탄소순환마을 사업 추진과 운영에 대한 현황 분석과 산림바이오매스의 활용 방법에 대해 접근하고 있고 근본적으로 사업에 참여주민이 겪는 문제에 대한 접근은 미진한 상황이다. 마을 사업을 진행하고 운영하기 위해서는 주민들의 동의와 참여가 바탕이 되어야 한다. 특히 산림탄소순환마을 조성 시범사업은 마을 경관 개선이나 마을주택 개량 등 주민의 일시적 참여로 끝나는 세부사업도 포함되어 있지만 산림바이오매스를 연료로 사용하는 대형보일러와 열배관을 설치하여 마을의 주택에 지역난방을 하는 시스템 도입이 주된 사업이기 때문에 사업 추진뿐만 아니라 조성 후 지역난방 시스템의 운영을 위해서는 지속적인 마을주민의 참여가 필수적이다. 에너지 자립마을의 경우 마을의 리더 그룹과 함께 마을의 구성원 모두를 포함하는 마을주민 전체가 에너지 전환의 주체가 되어야 한다(Lee, 2014). 그러나 산림탄소순환마을 조성사업의 경우 사업 시행 이후 참여주민들의 지역난방 탈퇴가 늘어나면서 운영 수익 악화 등 운영에 많은 어려움에 봉착하게 되었다. 따라서 산림탄소순환마을 시범사업에 운영의 주체가 되어야 하는 마을주민들의 참여 동기와 조성 과정에서 마을주민들의 사업에 대한 인식 그리고 조성 후 운영에 대한 주민들의 만족도와 개선에 대한 정책요구를 분석하는 것은 조성된 마을의 문제점을 개선하는 것 뿐만 아니라 향후 유사한 산림바이오매스를 활용한 마을사업에 중요한 시사점을 줄 수 있다.

Table 1. Current status of Low Carbon Green Village project

Department	Village	Budget(100 million won)	Energy facilities	Construction period	Construction·operation status
Ministry of the interior and safety	Pocheon YEONGPYEONG· YEONGSONG	72	Pig powder solid fuel	2011 ~ 2013	Fuel production facility not in operation
	Gongju KEUMDAE	40	Geothermal facility garden	2011 ~ 2014	Failure to introduce biomass energy-generating facilities
Ministry of Environment	Gwangsan MANGWOL	50	Pig powder bio-energyzization	2011 ~ 2014	Facility shutdown in about 10 months
Ministry of agriculture, food and rural affairs	Wanju DEOKAM	54	Solar energy, Geothermal heat	2010 ~ 2013	Failure to introduce biomass energy-generating facilities
Korea Forest Service	Bonghwa SEOBYEOK	53	Wood pellet boiler district heating system	2010 ~ 2012	District heating system shutdown after 3 years
	Hwacheon YOOCHON	53	Wood pellet·chip boiler district heating system	2011 ~ 2013	Operating district heating system

2. 재료 및 방법

2.1. 산림바이오매스를 활용한 지역난방 정책 및 사업

2009년 ‘폐자원 및 바이오매스 에너지대책’의 실행계획에 따라 환경부, 행정안전부, 농림수산식품부 및 산림청은 범부처 사업으로 저탄소녹색마을 시범사업을 추진하였다. 저탄소녹색마을의 개념은 지역에서 발생하는 농업부산물, 산림부산물, 축산분뇨, 음식폐기물류 등 바이오매스를 에너지화 및 자원화 과정을 통해 전기, 열, 연료 등을 생산하여 지역에 공급하고 또한 지역 환경에 적합한 태양광, 태양열, 풍력 등의 자연력과 병합 이용하여 에너지 자립도를 향상시키고 자원순환성을 높여 온실가스 및 환경부하량을 저감시켜 환경의 지속성을 제고할 수 있는 종합시스템이 구축된 마을이다(Park and Park, 2010, Jang and Kim 2014). 저탄소녹색마을 조성은 2010년부터 부처별로 4개의 유형으로 나누어 독립적으로 마을단위 사업을 추진하였다(Table 1).

산림청이 추진한 산림탄소순환마을은 산촌형 저탄소 녹색마을로 산촌지역에 풍부한 산림바이오매스의 활용을 촉진하여 저탄소 녹색생활 실천모델을 창출하기 위해 화석연료에 의존하고 있는 산촌지역의 난방 및 온수 시설 에너지원을 산림바이오매스 연료로 대체하는 바이오

매스 에너지화 시설 도입과 함께 에너지 소비가 낮은 주택 신축 또는 노후화된 주택의 리모델링 등을 주요 사업으로 봉화군과 화천군의 2개 마을이 시범사업으로 조성되었다(Seo, 2012; Ryu et. al., 2019). 다른 부처에서 조성된 저탄소녹색마을의 경우 대부분 주민들의 반발이나 예산 등의 문제로 바이오매스를 이용하는 에너지화 시설의 도입 자체가 무산되거나 도입되어도 생산되는 에너지를 지역 내에서 이용하는 사례가 없었으나 산림청에서 조성한 산림탄소순환마을은 지역주민들의 주택용 난방 에너지를 목재펠릿이나 목재칩의 형태인 바이오매스로 충당함으로써 화석연료 대체로 탄소저감 효과 제고와 지역의 에너지 자립도를 높이는 사업의 취지를 실현하였다(Jang and Kim 2014; Lee 2014; Ryu et. al., 2019).

산림탄소순환마을을 시범사업에 대해 세부적으로 살펴보면 봉화군 산림탄소순환마을은 2013년 조성되어 목재펠릿 보일러 가동을 통해 서벽1리와 서벽2리 주민들의 주택 106호의 난방을 산림바이오매스 에너지로 공급하였다. 그러나 설치된 목재펠릿 보일러는 원예시설용 보일러를 개량한 것으로 핵심부품의 불량으로 잦은 고장이 발생하였고 경사도를 고려하지 않은 열배관 설계로 인해 일부 지역은 온수공급이 원활하지 못하였다. 난방이 안정적이지 못한 것과 난방비에 대한 주민들의 불만이

많아지면서 지역난방 참여가구들의 탈퇴가 증가하고 연료비 및 전기요금 과다 지출로 운영 적자가 심하여 2016년 1월부터 주민합의로 지역난방 가동을 중단하였다 (Ryu et al., 2019).

화천군 산림탄소순환마을은 2014년 조성되어 목재펠릿과 목재칩 겸용 보일러 가동을 통해 유촌리 노인정 2곳과 주민들의 주택 74호의 난방을 산림바이오매스 에너지로 공급하였다. 사업초기부터 설치된 보일러 용량은 상당히 큰 반면 지역난방에 참여하는 가구는 적어서 운영 적자가 심하였다. 현재까지 보일러 가동으로 지역난방을 하고 있지만 초기 지역난방에 참여했던 가구 중 절반 이상이 탈퇴하여 2018년 9월 시점으로 36가구만 지역난방을 사용하고 있어 지속적인 운영의 어려움을 겪고 있는 실정이다. 보일러 관리자 인건비 및 시설 유지보수를 위한 비용 등은 화천군의 지원으로 운영되고 있다.

난방방식에 따른 차이는 개별 주택에서 소형 보일러를 이용하여 온수를 생산하여 난방을 하는 개별난방과 대형보일러에서 생산된 열을 열배관을 통해 개별주택에 온수를 공급하는 지역난방으로 나눌 수 있다. 사용자 입장에서 지역난방을 사용하면 개별난방 보일러의 미설치로 공간 활용과 유지·보수 관련 편의성 편익이 발생하는데 이에 대한 사용자의 지불의사액 분석 연구에서 Gcal 당 5,775 원을 지불의사가 있는 것으로 조사 되었다(Lim and Yoo, 2016). 공급적인 측면에서 지역난방의 이점을 분석한 연구에서는 이상적인 조건에서 지역난방이 개별난방에 비해 약 14%의 에너지를 절감하는 것으로 분석되어 개별난방보다 에너지 효율성이 높은 것으로 나타났다(Kim, 2009). 또한 산업연관분석에서 지역난방은 개별난방보다 경제적 파급효과가 높은 것으로 나타났다(Lee and Yoo, 2017). 그러나 가정용 열수요에 의존하는 경우 계절과 날씨 등으로 열수요가 고르지 않고 열부하 조건이 나쁘기 때문에 고른 열부하를 갖는 수요처를 발굴하는 것이 필요하며 열수요에 따른 최적의 열생산 및 공급 시설의 설계가 필요하다(Kim, 2009).

산림바이오매스를 활용한 지역난방은 개별보일러 미설치로 인한 편의성 뿐만 아니라 가정용 목재펠릿보일러 사용자들이 많은 불만을 호소하는 지속적인 연료공급의 어려움과 고장 시 사후 서비스 지연 등의 불편함을 해결할 수 있다(Woo and Ban, 2010). 봉화군에 조성된 산림탄소순환마을은 산림바이오매스센터에 500 kW와

600 kW용량의 목재펠릿 보일러를 설치하여 열배관을 통해 2013년부터 마을 주택 106호에 온수를 공급하는 지역난방을 실시하였으며 화천군에 조성된 산림탄소순환마을은 산림바이오매스센터에 1,600 kW 용량의 목재펠릿·목재칩 겸용보일러를 설치하여 열배관을 통해 2014년부터 마을 주택 74호와 노인정 2곳에 온수를 공급하는 지역난방을 실시하였다. 산림청은 사업 대상지 공모 과정에서 산림탄소순환마을의 개념으로 산촌지역을 대상으로 산림을 가꾸고 필요한 연료 및 주택시설자재 등을 자체 생산한 목재(부산물 포함)로 이용하고 재생산하는 탄소순환시스템을 갖춘 마을을 제시하였으며 2010년과 2011년 대상지 마을을 선정하면서 원료 수급 계획과 산림바이오매스 연료 사용에 따른 화석연료 대체 효과 등을 분석하여 산림탄소순환마을 조성사업의 타당성을 제시하였다(Seo, 2012). 봉화군 산림탄소순환마을의 경우 마을의 난방을 산림바이오매스로 화석연료를 대체할 경우 연간 약 884 tCO₂의 탄소가 저감될 것으로 추정하였다(Kim et al., 2010). 국립산림과학원 연구보고서(2013, 2014)에 따르면 봉화군 산림탄소순환마을은 2개월의 시범운영 기간 동안 약 66,000 리터의 등유 사용 절감과 166 tCO₂의 탄소저감 효과가 있으며, 화천군 산림탄소순환마을은 4개월의 시범 운영기간 동안 약 67,000 리터의 등유 사용 절감과 168 tCO₂ 탄소저감 효과가 있었던 것으로 보고된 바가 있다. 본 연구에서는 산림탄소순환마을 시범사업지 중 지역난방이 가동되고 있는 화천군 산림탄소순환마을을 대상으로 설정하였다.

2.2. 연구방법

화천군 유촌리 파로호 느릅마을에서 목재칩·목재펠릿 겸용보일러가 설치된 74가구 중에서 조사 기준으로 설정한 2019년 10월말까지 지역난방을 사용하고 있는 참여가구와 지역난방에서 탈퇴하여 개별난방을 하고 있는 탈퇴가구로 구분하여 인식 비교분석을 위한 설문 대상으로 선정하였다. 설문의 구성은 지역난방 참여가구와 탈퇴가구를 대상으로 설문지를 구분하여 개별 제작 후 설문내 활용하였다. 기본적인 설문구조는 두 집단이 동일하며 현재 지역난방의 사용 여부가 집단별 상이하므로 설문내용 일부에 시점별 차이를 적용시켰다. 설문의 내용은 산림바이오매스 이용 지역난방의 장점과 관련한 지역난방 유용성, 친환경성, 신뢰성에 관한 인식, 사용과정에 관한

Table 2. Number of questionnaires surveyed

Number of subjects surveyed	Households to be surveyed	Collected questionnaires	Error questionnaires	Questionnaires used in the study
Participating households	36	36	0	36
Withdrawal households	34	31	0	31
Total	70	67	0	67

인식, 그리고 정책 추진 및 지원과 관련한 향후 발전가능성 및 지역 환경문제 관심 등의 비교를 위한 5점 리커트 척도를 구성하였으며, 탈퇴가구를 대상으로 진행된 설문 내용에 탈퇴하게 된 원인과 향후 재사용 의사 등의 설문을 추가로 구성하였다. 응답자의 사회인구학적 배경을 분석하고자 가구의 세대원수, 연간수입, 세대주 직업 등 일반사항을 질문하는 문항을 포함하였다.

설문자료 수집방법은 연구자가 직접 제작한 설문조사지를 활용한 면접조사로 이루어졌으며, 면접조사는 마을 가구 직접 방문을 통해 수집되었다. 설문지는 조사 기준까지 지역난방을 사용하고 있는 36가구 중 36가구의 설문지가 회수되었고, 지역난방을 사용하지 않는 탈퇴가구 38가구 중 사망이나 이사 등으로 설문이 불가능한 4가구를 제외한 34가구 중 31가구가 조사되어 총 67가구의 설문지가 수집되었다. 그리고 회수된 설문지 중 응답내용 미기입 및 부실한 응답내용이 포함된 설문지가 없었으며 67부의 설문지가 모두 분석에 사용되었다(Table 2).

집단별로 수집된 설문형태별 통계분석을 실시하였다. 객관식 설문지의 경우 빈도분석으로 수치화 후 비율로 변환하였고, 주관식 설문지의 경우 유사응답별로 분류하여 유형화한 후 분석을 실시하였다. 지역난방의 친환성 및 만족도에 대한 조사 항목은 5점 리커트 척도를 활용하여 분석하였다. 통계적 유의도 검증이 필요한 데이터는 윈도우10 기반의 SPSS ver.18.0 버전을 이용하여 t-test 분석을 수행하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 일반사항

산림탄소순환마을 조성에서 산림바이오매스를 활용한 지역난방에 참여했던 가구들의 평균 소득과 세대주 연령, 세대 구성원수, 그리고 주요 소득원은 참여가구와

탈퇴가구 두 집단 모두 유사한 경향을 보였다. 세부적으로 살펴보면 가구소득은 천만원~2천만원 사이의 가구가 양 집단 모두에서 가장 높게 나타났으며, 세대주 연령 또한 60대가 양 집단 모두 50% 이상의 분포를 보였다. 세대 구성원 수는 2인 가구가 가장 많은 것으로 나타났다. 주요 소득원은 참여가구의 44%가 농업, 탈퇴가구의 42%가 농업으로 나타났으며 사업 참여 전 난방유형은 기름보일러가 각 75%와 84%로 절대적으로 많은 것으로 조사되었다. 일반 특성의 구성 항목을 통해 조사대상 마을의 가구는 산촌마을 전형적인 고령화된 2인가구로 농업중심 경제활동을 하고 있는 것으로 나타났다(Table 3).

3.2. 산림바이오매스 활용 지역난방 설치 전 정보 습득 경로 및 참여 동기

산림탄소순환마을 조성과정에서 지역난방 설치 전 산림바이오매스를 활용한 지역난방에 대한 정보를 얻게 된 주요 경로는 두 집단 모두 주민설명회를 통해서 알게 된 경우가 대부분이었다. 지역난방에 참여하게 된 동기에서는 두 집단 모두 경제성을 가장 많이 선택하였다. 비율은 67%와 42%로 큰 차이를 보였고 탈퇴가구에서는 국가보조금을 경제성과 비슷한 35%를 차지한 반면 참여가구는 국가보조금을 선택한 비율이 11%로 편리성 14% 보다 낮게 나타났다(Fig. 1, Fig. 2).

3.3. 유용성에 관한 인식 비교

유용성에 관한 참여주민과 탈퇴주민의 인식 비교는 개별난방 대비 지역난방의 관리 시간과 노력 소요, 난방비 소요, 안정성, 공간 활용의 용이성 등 4개 항목으로 세분화하여 집단간 비교를 실시하였다. 수집된 데이터는 독립표본 t-test를 통해 통계적 유의성을 검증한 결과 4개 항목 모두 t값이 ±1.678 보다 크게 나타나 다르게 인식하는 것으로 나타났으며, 통계적 유의수준 또한 p<0.01 수준에서 유의미한 차이를 보였다(Table 4). 세부내용을

Table 3. General aspects of the households surveyed

Item		Participating households(%)	Withdrawal households(%)
Household annual income	Less than 10 million won	28	26
	10 million won~less than 20 million won	36	42
	20 million won~less than 30 million won	17	16
	30 million won~less than 40 million won	6	0
	40 million won~less than 50 million won	3	10
	More than 50 million won	6	3
	No answer	6	3
Age of householder	Under 30s	11	6
	40s	22	19
	50s	8	16
	60s	53	52
	Over 70s	6	6
	No answer	0	0
Number of household members	1 person	8	1
	2 people	16	18
	3 people	5	1
	4 people	2	4
	5 people	2	0
	No answer	3	0
Major source of income	Farming	44	42
	Self-employment	14	13
	Company employee	11	6
	etc.	22	39
	No answer	8	0
Heating type before participation	Wood boiler	3	0
	Coal briquette boiler	0	3
	Oil boiler	75	84
	Electric boiler	6	13
	No answer	6	0

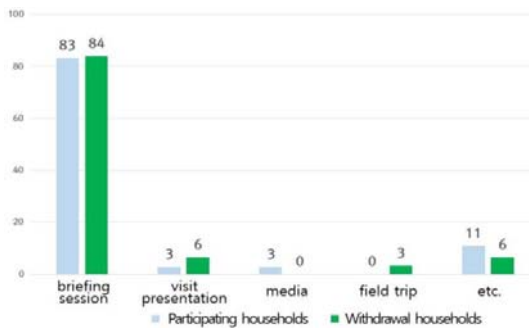


Fig. 1. Paths obtained information.

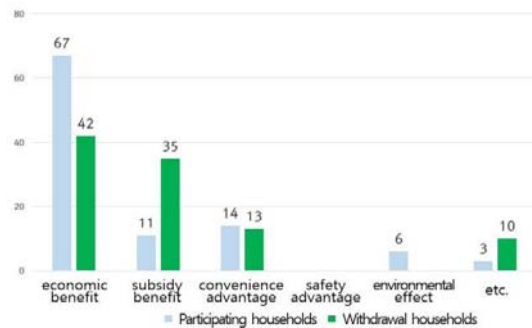


Fig. 2. Motive of participation.

Table 4. Comparison of perceptions about usefulness

Item	Average		Standard deviation		t value	p value
	Participating households (N=36)	Withdrawal households (N=31)	Group1	Group2		
District heating using forest biomass requires less management time and effort than individual heating	4.42	3.32	.81	.83	5.457	.000**
District heating using forest biomass requires less heating bills than individual heating	3.97	2.39	1.13	.95	6.133	.000**
District heating using forest biomass requires is safer than individual heating	4.47	3.58	.70	.92	4.499	.000**
District heating using forest biomass makes space easier to use than individual heating	4.31	3.55	.79	1.06	3.350	.001**

** .p<0.01

Table 5. Comparison of perceptions about environment

Item	Average		Standard deviation		t value	p value
	Participating households (N=36)	Withdrawal households (N=31)	Group1	Group2		
District heating using forest biomass makes the atmosphere in the village more pleasant than individual heating	4.43	3.45	.83	.72	4.606	.000**
District heating using forest biomass is more conducive to environmental conservation than individual heating	4.42	3.77	.60	.80	3.727	.000**
District heating using forest biomass is more is more eco-friendly than individual heating	4.47	4.06	.65	.89	2.152	.035*

*.p<0.05, **.p<0.01

살펴보면 산림바이오매스 활용 지역난방이 개별난방에 비해 적은 관리 시간과 노력이 소요된다는 인식은 참여 가구 4.42점, 탈퇴가구 3.32점으로 참여가구가 높게 인식하고 있었으며, 적은 난방비 소요 역시 3.97점과 2.39 점, 안전성 4.47점과 3.58점, 공간 활용의 용이성 4.31점과 3.55점 등 4개 항목 모두 참여가구가 높게 인식하고 있는 것으로 나타났다. 가장 큰 인식 차이를 보이며 탈퇴 가구에서 가장 낮은 평가를 받고 있는 항목은 난방비 소요(2.39점)에 관한 것으로 탈퇴가구는 산림바이오매스 활용 지역난방 방식의 난방비 소요에 대해 부정적 인식이 높은 것을 알 수 있었다. 이와 관련하여 지역난방 납부 내역 데이터를 통해 추가 분석한 결과 탈퇴가구의 실제

연평균 난방비 지출은 147만원으로 참여가구 105만원에 비해 많은 난방비를 납부한 것에 그 원인이 있는 것으로 나타났다.

3.4. 친환경성에 관한 인식 비교

친환경성에 관한 항목은 산림바이오매스 활용 지역난방으로 인한 마을 대기환경 쾌적, 환경 보전 도움, 친환경 에너지 사용이라는 인식 등 3가지 구성으로 설문되었다. t-test를 통한 집단간 유의성 검증 결과 3개 항목 모두 유의하게 나타났다. 통계적 유의 수준은 친환경 에너지 사용 인식 항목은 p<0.05 수준에서 유의미한 차이를 보였고, 대기환경 쾌적, 환경 보전 도움 항목은 p<0.01 수준에서

Table 6. Comparison of perceptions about reliability

Item	Average		Standard deviation		t value	p value
	Participating households (N=36)	Withdrawal households (N=31)	Group1	Group2		
Confidence in the operating body of district heating services	4.43	3.45	.83	.72	4.606	.000**
Confidence in information of district heating services	4.42	3.77	.60	.80	3.727	.000**
Confidence in providing consistent information	4.47	4.06	.65	.89	2.152	.035*

*p<0.05, **p<0.01

Table 7. Comparison of perceptions about the use process

Item	Average		Standard deviation		t value	p value
	Participating households (N=36)	Withdrawal households (N=31)	Group1	Group2		
Overall complexity of the use process	2.03	2.52	.94	.81	-2.256	.027*
Takes a lot of time to become familiar with how to use	1.97	2.71	.91	.97	-3.204	.002**
Psychological burden on use	1.89	2.77	1.09	1.26	-3.088	.003**

*p<0.05, **p<0.01

유의미한 차이를 보이는 것으로 나타났다.

집단지 평균을 살펴보면 참여가구의 경우 3개 항목 평균이 5점 만점에 4.4점을 넘어 매우 긍정적인 인식을 하고 있는 것으로 도출되었고, 탈퇴가구 역시 각 항목별 3.45점, 3.77점, 4.06점 등으로 보통 이상의 인식을 갖고 있는 것으로 나타났다. 집단간 가장 큰 차이를 보이고 있는 항목은 대기환경 쾌적 항목으로 탈퇴가구는 산림바이오매스 활용 지역난방이 개별난방에 비해 마을 대기환경 쾌적에 상대적으로 낮은 영향을 미치는 것으로 인식하고 있었다. 하지만 탈퇴가구도 산림바이오매스 활용 지역난방이 개별난방에 비해 친환경 에너지라는 인식(4.06점)은 조사된 3개 항목 중 가장 높게 인식하고 있는 것으로 확인되었다(Table 5).

3.5. 신뢰성에 관한 인식 비교

신뢰성에 관한 항목은 운영주체의 신뢰, 사용량 등 정보 확인의 신뢰, 일관성 있는 운영 정보 제공의 신뢰 등 3가지 구성하여 설문되었다. t-test를 통한 집단간 유의성

검증 분석 결과 3개 항목 모두 유의하게 나타났다. 통계적 유의 수준은 일관성 있는 운영 정보 제공 신뢰 항목이 p<0.05 수준에서 유의미한 차이를 보였고, 지역난방서비스 운영 주체의 신뢰와 지역난방서비스의 사용량 등 정보 신뢰 항목은 p<0.01 하에서 유의미한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 항목별 세부 내용을 살펴보면 지역난방서비스 운영 주체의 신뢰 항목은 참여가구 4.43점, 탈퇴가구 3.45점으로 가장 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다 조사된 3개 항목 중 탈퇴가구에서 가장 낮은 평가를 하고 있는 것으로 확인되었다. 이에 비해 운영 정보 제공 신뢰 항목은 탈퇴가구에서 가장 높은 평가(4.06점)를 하고 있는 것으로 나타났다(Table 6). 이 결과를 통해 신뢰성에 관한 인식을 해석해 볼 때 탈퇴가구는 지역난방을 관리하고 있는 산림바이오매스센터의 운영 주체에 대해 부정적 인식이 높은 것을 알 수 있다. 이에 반해 운영 정보 제공에 있어서는 상대적 신뢰성을 높게 평가하고 있어 운영과 관련한 참여와 비참여에 따른 내부 갈등이 원인이 되는 것으로 추정된다.

Table 8. Comparison of perceptions about policy for district heating using forest biomass

Item	Average		Standard deviation		t value	p value
	Participating households (N=36)	Withdrawal households (N=31)	Group1	Group2		
Development possibility of district heating using forest biomass	4.06	3.35	1.01	.75	3.167	.002**
Interest in local environmental issues	3.94	3.29	1.04	.86	2.772	.007**

**p<0.01

3.6. 사용과정에 관한 인식 비교

사용과정에 관한 항목은 복잡성, 사용법 숙지, 사용의 심리적 부담 등 3가지 구성하여 설문되었다. t-test를 통한 집단간 유의성 검증 결과 3개 항목 모두 유의하게 나타났다. 통계적 유의 수준은 사용법 숙지와 사용의 심리적 부담 항목이 p<0.05 수준에서 유의미한 차이를 보였고, 복잡성 항목은 p<0.01 하에서 유의미한 차이를 보이는 것으로 나타났다. 세부 결과를 살펴보면 사용과정의 복잡성, 사용법 숙지, 사용의 심리적 부담 등 모든 항목에서 탈퇴가구가 높게 인식하고 있는 것으로 나타났다. 사용과정의 전반적인 복잡성은 참가구 2.03점, 탈퇴가구 2.52점으로 가장 낮은 차이를 보였고, 사용의 심리적 부담 발생에서 참가구 1.89점, 탈퇴가구 2.77점으로 가장 큰 차이를 보이는 것으로 나타났다(Table 7). 이 결과를 통해 사용과정에 관한 인식의 차이를 해석해 보면 사용과정의 복잡성이나 시간소요로 인한 지역난방 탈퇴보다는 사용에 심리적 부담이 탈퇴 원인에 더 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있다.

3.7. 산림바이오매스 활용 지역난방 정책지원에 관한 인식 비교

산림바이오매스 활용 지역난방 정책지원에 관한 인식과 관련하여 향후 발전가능성과 지역 환경 문제의 관심을 비교분석하였다. t-test를 통한 집단간 유의성 검증 결과 2개 항목 모두 유의하게 나타났다. 통계적 유의 수준은 향후 발전가능성과 지역 환경문제 두 항목 모두에서 p<0.01 수준에서 유의미한 차이를 보였다. 세부적인 결과를 살펴보면 향후 발전가능성에 대해 참가구 4.06점, 탈퇴가구 3.35점으로 평균 이상의 응답을 보였고, 탈퇴가구가 참가구에 비해 낮게 인식하고 있는 것으로 나타났다. 지역 환경 문제 관심 항목에서도 참가구

3.94점, 탈퇴가구 3.29점으로 탈퇴가구가 참가구에 비해 낮게 인식하고 있는 것으로 나타났다(Table 8). 두 항목간 비교에서는 두 집단 모두에서 향후 발전가능성을 지역 환경문제 관심보다는 더 높게 인식하고 있는 것으로 나타났다. 이외 추가적으로 산림바이오매스를 활용한 지역난방 발전을 위해 필요한 정책 지원으로 지속적인 연료공급 시스템 개발이 필요하다는 응답이 가장 많았고, 수의시설 추가적인 설치에 대한 응답이 있었다. 집단별로는 참가구에서 주민참여방법의 개선, 탈퇴가구에서는 기존 지역난방시설 정비 필요의 답변이 도출되었다. 한편, 탈퇴가구를 대상으로 향후 산림바이오매스 활용 지역난방의 재사용 의사가 있는지를 확인하는 질문에서 77%가 재사용 의사가 있다고 응답하였다.

4. 결론

화천 산림탄소순환마을의 산림바이오매스를 활용한 지역난방에 참여했던 가구들 중 사업 참여 동기부터 사업에 대한 인식과 참여 후 만족도 등을 참가구와 탈퇴가구 간 비교를 통해 차이점을 분석 하였다. 사업에 대한 정보를 얻은 경로는 거의 유사하였으나 지역난방에 대한 기대와 인식은 다소 차이가 있음을 알 수 있었다. 탈퇴가구 집단에서는 참가구에 비해 국가보조금 혜택을 참여동기로 선택한 비중이 높았으며 산림바이오매스를 활용한 지역난방이 환경에 도움이 된다고 인식하는 긍정적인 평가는 다소 낮았다. 사용 후 지역난방 사용에 대한 만족도에서는 참가구는 모든 항목에서 긍정적인 평가가 매우 높았으나 탈퇴가구는 평균적으로 편리성과 안전성에서는 보통 이상의 긍정평가를 하였으나 경제성에서는 보통 이하로 평가하였다. 지역난방 운영에 대한 평가에서는 탈퇴가구 집단은 전반적으로 참가구에 비해 낮은

만족도를 보였으나 응답 결과는 보통이상으로 평가하였다. 산림바이오매스 이용 지역난방의 유용성 항목에서 도출된 난방비 소요에 대한 탈퇴주민의 낮은 만족도와 두 집단간의 비교에서 난방비와 관련한 항목에서 가장 큰 차이점을 보이는 결과는 탈퇴의 직접적인 영향에 미치고 있는 것으로 판단된다. 실제 부과된 난방비를 바탕으로 연평균 난방비를 계산 하였을 때 탈퇴가구는 147만원으로 105만원인 참여가구에 비해 많은 난방비를 납부하였다. 따라서 탈퇴가구들의 탈퇴이유를 난방비로 선택한 것은 납부한 비용에 대한 상대적인 비교 때문일 가능성이 크다. 분석된 사례의 세대 구성원 수는 두 집단 모두 평균 2명으로 가구의 일반적인 상황은 큰 차이가 없기 때문에 참여가구들에 비해 상대적으로 난방비를 많이 납부했다고 생각할 가능성이 크며 이는 지역난방 운영에 대한 불만으로 이어졌을 가능성이 있다. 현장 설문조사에서 탈퇴가구의 경우 노후 주택이 많았는데 두 집단 간 난방비의 차이는 주택의 단열효과에서 난방비 차이를 유발하는 것으로 추정된다. 향후 탈퇴가구의 재참여를 유도하기 위한 추가 사업이 지원된다면 노후 주택의 단열효과를 높이기 위한 대책이 필요할 것이다.

Kang et al.(2014) 등은 산림바이오매스를 산림에서 수확하여 연료로 가공한 후 열과 전기를 생산하여 판매하는 시스템에 대해 타당성 분석을 살펴보면 열의 경우 열 판매 단가와 열 이용률에 따라서 산림바이오매스를 연료로 사용할 수 있는 한계가격에 큰 차이를 보였으나 열이용률이 80% 이상에서는 급경사 지역에서의 산림바이오매스 이용을 제외하고는 모든 시스템에서 경제성이 있는 것으로 분석되었다. 또한 전기의 경우 전기 판매단가와 이용률이 121.6원/kWh와 80% 이하일 경우 경제성이 부족한 것으로 분석되었다. 본 연구에서 살펴보고 있는 화천 산림탄소순환마을의 연간 연료 사용량을 기준으로 발열량을 계산하여 가구당 난방으로 이용되는 열의 비율을 분석한 결과 48가구가 지역난방에 참여한 2017년 열이용률이 37%에도 못 미치는 것으로 나타났다(Cho, 2019). 따라서 운영 수익을 개선하기 위해서는 무엇보다 탈퇴가구의 재참여를 유도하고 추가적인 열 사용처를 발굴해서 열이용률을 80% 이상으로 높이는 대책이 필요한 상황이다. 다행히 탈퇴가구의 77%는 향후 재사용 의사가 있다고 하였으며 지역난방 추천 의향이 높은 것으로 조사되어 향후 참여가구의 증가로 열이용률이

향상될 가능성이 있다. 또한 탈퇴가구와 참여가구 모두 지속적인 연료공급 시스템 개발을 정책지원 요구 사항으로 가장 많이 선택하였는데 2018년 겨울부터 화천군 산림탄소순환마을은 인접한 국유림에서 매년 산림바이오매스를 수확하여 지속적으로 연료를 공급하는 시스템을 갖추어 가고 있어 산림탄소순환마을의 발전 가능성이 더 높다. 따라서 지속적인 연료 공급 시스템의 안정화를 통해 난방비를 절감할 수 있는 방법을 찾고 주민의 참여방법 개선을 통해 탈퇴가구와 참여가구 모두 산림바이오매스를 활용한 지역난방 운영에 적극적으로 참여할 수 있도록 유도한다면 화천군 산림탄소순환마을은 운영 수익 개선을 통해 마을의 경제적 이익 창출뿐만 아니라 친환경 에너지 사용을 통한 마을의 브랜드 가치 제고와 이에 따른 파급효과도 기대 할 수 있을 것이다.

REFERENCES

- Cho, M. J., 2019, Forest biomass supply chain management for regional self-sufficient thermal energy utilization, Ph. D. Dissertation, Kangwon National University, Kangwon-do, Korea.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, 2018, Summary for policymakers, in: global warming of 1.5°C, world meteorological organization, Geneva, Switzerland.
- Jang, N. J., Kim, M. K., 2014, A Study on the establishment of a pilot village for energy self-reliance in JEONBUK-type, Jthink 2014-pr-09, Jeonbuk Development Institute, Jeollabuk-do.
- Kang, H. K., Park, K. C., Kim, L. H., 2014, The feasibility analysis for energy utilization of forest biomass, J. energy eng., 23(1), 7-20.
- Kang, S. T., 2012, A Study on the evaluation factor for the selection of forest carbon circulation community, Master's Thesis, Chonnam National University, Jeonnam, Korea.
- Kim, H. J., Byun, W. H., Lim, M. W., Park, W., Kim, M. S., 2010, Inventory of carbon dioxide emission in carbon cycle community, Jour. Korean For. Soc., 99(4), 597-602.
- Kim, Y. D., 2009, A Comparative study on the energy efficiency of district heating and individual heating, Research service report, National assembly budget office, Seoul, Korea.

- Korea Forest Service, 2009, A Study on the development of forest carbon circulation village, Research service report, Korea Forest Service, Deajeon, Korea.
- Lee, K. S., You, S. H., 2017, Revitalization of mountain village through utilizing of forest biomass energy, Innovation Studies, 12(1), 121-141.
- Lee, Y. J., 2014, An Experimental analysis of energy self-sufficient village for regional energy transformation, Proceedings of the Korean Association for Environmental Sociology Conferences, 118-144.
- Lim, S. Y., Yoo, S. H., 2016, Measuring the households' convenience benefits of district heating system over individual heating system, Proceedings of Korean Society for Energy Conferences, 83.
- Ministry of Environment, 2019, Second framework plan for climate change response, Ministry of Environment Press Report, Sejong, Korea.
- Park, J. H., Park, S. S., 2010, Preparation for the future of low carbon green village, Geoenvironmental engineering, 11(5), 6-15.
- Ryu, S. H., Lee, S. K., Kim, S. H., Seo, J. W., 2019, Revitalization of mountain village through utilizing of forest biomass energy, NIFoS Forest Policy Issues 119, National Institute of Forest Sciences, Seoul, Korea.
- Seo, J. W., 2012, Investigation and analysis of operational conditions for pilot project villages of forest carbon cycle community, Korean Institute of Forest Recreation and Welfare, 16(3), 41-52.
- Seo, J. W., Kwak, K. H. Jeong, S., Kang, S. P., An, K. W., 2011, A Study on the Selection of evaluation factors on Forest Carbon Cycle Community (F.C.C.C) using DHP analysis method, Forest Science and Technology, 100(4), 672-681.
- Woo, J. M., Ban, G. M., 2010, A Study on the development of wood pellet industry in Chungbuk, Chungbuk Research Institute, Chungbuk, Korea.
-
- Researcher. Sun-Hwa Ryu
Division of Forest Welfare Research, National Institute of Forest Science
shryu@korea.kr
 - Researcher. Seong-Hak Kim
Division of Forest Welfare Research, National Institute of Forest Science
ksh0615@korea.kr