Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society
Vol. 22, No. 2 pp. 401-408, 2021

https://doi.org/10.5762/KAIS.2021.22.2.401
ISSN 1975-4701 / eISSN 2288-4688

목재칩을 이용한 농촌지역 난방에너지 공급 방법 연구
-자연건조 방식을 통한 연료용 목재칩 생산방법을 중심으로-

안병일, 고경호*
단국대학교 환경자원경제학과

A Study on the Supply Methods of Heating Energy in Rural Regions by Using Wood Chips
-Focusing on the Production Method of Wood Chips for Fuel though Natural Drying Method-

Byeong-IL An, Kyoung-Ho Ko*
Department Environmental and Resource Economics, Dankook University

요 약 에너지 분권 및 신재생에너지 정책에 따라 연료용 목재칩 보급도 증가하고 있는 추세이다. 본 연구는 연료용 목재칩(Wood chip)을 이용하여 농촌지역에 난방에너지를 공급하는데 필요한 기술적 방법을 제시하는데 목적이 있다. 따라서 본 연구에서는 10톤의 목재칩을 적재할 수 있는 간이 자연환기건조장을 설치하여 8개월 동안 자연건조의 효과를 파악하고 이를 바탕으로 연료용 목재칩 품질기준을 충족하기 위한 자연건조 방법을 도출하고자 하였다. 연구결과 농촌지역에서 쉽게 조달할 수 있는 재료로 자연환기건조장을 갖춘다면 약 90일간의 건조 기간을 거쳐 함수율 20% 이하의 고품질 연료용 목재칩을 생산할 수 있음을 확인하였다. 또한 규격에 부합하는 흡기 및 배기 시스템을 갖출 경우 목재칩 품질에 영향을 주는 곰팡이의 번식과 발효의 효과적인 차단이 가능하였다. 이와 같은 연구결과는 고비용 강제건조 설비를 도입하지 않더라도 농촌지역의 여건에 부합하는 저비용의 자연건조시스템을 통해서도 품질기준을 충족하는 양질의 목재칩 생산이 가능함을 증명한다. 따라서 미이용 산림바이오매스를 활용한 연료용 목재칩 자연건조기술 개발사업, 농촌보급용 소규모 자연건조장의 성능 및 설계기준 등과 관련한 정책수립이 요구된다.

Abstract Supplies of wood chips for fuel tend to increase owing to energy decentralization and new renewable energy policies. This study suggests a technical method that is necessary in order to supply heating energy to rural regions by using wood chips for fuel. Therefore, this study investigates the effects of natural drying methods for eight months by installing a drying facility with natural ventilation capable of loading 10 tons of wood chips, and which derive a natural drying method based on this to meet the quality standards of wood chips for fuel. The study results confirm that it is possible to produce wood chips for high-quality fuel with water content at 20% or less after around 90 days of drying, provided that a drying facility with natural ventilation is equipped with materials that can be procured easily in rural regions. It is also possible to block the proliferation and fermentation of molds that affect the quality of wood chips, provided that intake and exhaust systems adhering to standards are equipped.

Keywords : Rural Region, Wood Chip, Drying Facility with Fatural Ventilation, Heating Energy, Percentage of Water Content

*Corresponding Author : Kyoung-Ho ko(Dankook Univ.)
email: khko0419@dankook.ac.kr
Received October 26, 2020 Revised December 4, 2020
Accepted February 5, 2021 Published February 28, 2021

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

재생에너지 보급 확산을 위한 에너지 신산업 육성을 목표로 하는 정부의 재생에너지 3020 정책에 따라 에너지 분권 및 재생에너지 보급이 이전보다 빠르게 확산되고 있다. 정부의 재생에너지 3020 이행계획에 따르면 2030년 재생에너지의 발전량 비중 목표를 20%로 설정하고 신규설비의 95% 이상을 태양광, 풍력 등 청정에너지 공급으로 전환하기로 하였다. 추진 주체도 외지인과 사업자 중심에서 지역주민 등 국민참여형 방식으로 추진한다는 방침을 천명하였다.

이에따라 재생에너지 보급확대를 위한 다양한 시도가 정부 여러 부처별로 추진되고 있으며 산림청도 증가하는 연료용 목재 수요에 대비하여 2012년부터 157.6ha 규모의 목재에너지림(Short rotation coppice)조성을 추진하였다. 향후 목재칩을 이용한 재생에너지 활용이 확대될 것으로 전망되는 추세 속에서 본 연구는 자연건조방식으로 생산된 목재칩(Wood chip)을 이용하여 농촌지역에 난방에너지를 공급하는데 필요한 기술적 방법을 제시하는데 목적이 있다. 본 연구에서 자연건조방식으로 전제한 이유는 농촌지역이라는 지역공동체 여건상 고액의 설비비가 투입되는 강제건조 설비를 도입할 여건이 되지 않는다는 점과 주민들이 주체가 되어 연료용 목재칩을 생산, 사용할 경우 일자리 및 수익을 창출해낼 수 있는 등의 사회경제적 효과를 기대할 수 있다는 점 등을 고려하였기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 10톤의 목재칩을 적재할 수 있는 야외 간이건조장을 설치하여 8개월 동안 자연건조의 효과를 분석하고자 하였다. 분석내용은 첫째, 목재칩을 장기간 적재할 경우 목재칩 내부온도 및 함수율의 변화 분석. 둘째, 날씨 및 외기온도 변화가 어떤 영향을 끼치는지에 대한 분석이다. 이를 통해 최종적으로 '연료용 목재칩 품질기준'[1]을 충족하기 위한 자연건조방식을 도출하고자 하였다. 일반적으로 야외에 목재칩을 장기간 적재할 경우 자연발효로 인해 곰팡이가 발생하고, 그에 따라 열량이 손실되어 연료로서의 품질이 저하될 뿐만 아니라 목재칩 내부의 온도상승으로 자연발화 가능성이 커진다. 본 연구는 관련 국내 선행연구가 사실상 전무한 가운데 실험실이 아닌 야외에 실재 자연건조장을 설치하고 일정기간 동안 정기적인 모니터링을 토대로 자연건조를 위한 기술적 방법을 도출했다는 점에서 의미가 있다.

2. 선행연구 검토

목재 난방산업이 발달한 북유럽의 경우 목재칩을 난방에너지로 이용하는 실천사례가 많아 국가별, 연구기관별 다양한 연구결과가 축적되어 있다. 본 연구에서는 여러 선행연구 결과 가운데 스위스 연방에너지국(SFOE)[2]이 발행한 목재칩 품질향상 연구보고서(Improving the quality of wood chips)와 독일 재생가능자원청(FNR)[3]의 목재칩 품질관리 가이드북(Handbook For Quality Managment Of Wood Chips)을 선행연구로 검토하고자 한다. 이 보고서는 목재칩 생산과 품질관리에 요구되는 상세한 실험결과와 방법론을 제시하고 있다.

독일 재생가능자원청(FNR)이 발행한 Bornimer 농업기술보고서에 따르면 원목을 파쇄하여 생산된 목재칩을 건조하지 않고 보관할 경우 열이 발생하며, 이 열은 박테리아와 곰팡이와 같은 기존 미생물의 생물학적 분해과정에서 발생한다. 건조되지 않은 목재칩을 통풍이 되지 않게 적재하면 최대 65℃의 온도가 발생하며, 그 원인은 곰팡이(최대 60℃)와 박테리아 (최대 70℃)의 번식이다. 열 발생은 주로 탄소 및 질소화합물의 분해와 관련이 있으며, 연간 최대 약 30%의 질량 및 에너지 손실이 발생한다. 이러한 손실의 주요 원인은 곰팡이다. 또한 목재칩을 보관할 때 에너지 손실과 곰팡이를 완전히 피할 수는 없으나 에너지 손실과 유해한 곰팡이 종의 형성을 최소 수준으로 줄일 수 있다. 우선적으로 목재칩의 평균 길이가 최소 100mm를 넘어서는 안된다. 빗물 침투를 방지하고 가늘고 중간 정도 크기의 목재칩을 사용하면 건조를 크게 개선하고 곰팡이 성장 및 손실을 줄일 수 있다. [1,2]

이와같이 생물학적 분해로 열이 발생하여 목재칩이 건

1) 산림청은 목질계 바이오매스 자원을 국내에 안정적으로 공급하기 위해 2018년 8월 14일 「국립산림과학원고시 제2018-8호」를 통해 목재제품의 규격과 품질기준을 제정하였다. 부속서 12, 표5에 정의된 목재연료칩의 규격·품질에 따르면 최상의 연료용 목재칩은 함수율은 20% 이하, 고위발열량 4,300㎉/㎏ 이상, 회분 0.7% 이하 등의 기준을 제시하고 있다.

2) 스위스의 에너지정책을 총괄하고 있는 스위스 연방에너지국(Bundesamt fur Energie; BFE). 영문으로 Swiss Federal Office of Energy(SFOE)로 표기하고 있다. http://www.bfe.admin.ch/

3) Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe- e.V.(FNR)은 독일연방 식품농업소비자보호부(BMELV)가 운영하고 있는 자원순환 및 재생에너지 전문연구기관이다.

조되지만 이는 에너지를 잃는 것이므로 곰팡이 번식은 반드시 차단해야 한다. 또한 목재칩의 함수율과 적재 높이가 기준을 초과하면 생물학적 분해를 촉진될 수 있으므로 체계적인 관리가 필요함을 확인할 수 있다.

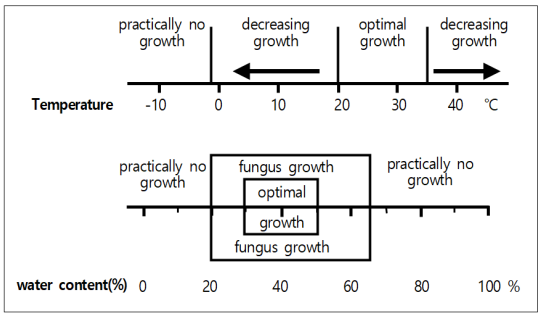

Fig. 1. Optimal temperature and water content windows for wood-degrading fungus activities

또한 스위스 연방에너지국(SFOE)에서 발행한 목재칩 품질향상 연구보고서가 인용한 자료④에 따르면 Fig. 1에서 보는 바와 같이 목재칩 내부에 곰팡이가 발생하는 최적 조건은 20~30℃의 온도와 함수율 30~50% 사이의 구간이다. 곰팡이는 혐기성 발효를 촉진시켜 목재칩의 건량 및 열량에 손실을 주며, 발효과정은 목재칩 내부의 온도를 상승시켜 심할 경우 자연발화를 일으키기도 한다. [3]

이런 이유로 건조실험에서 적재된 목재칩 내부의 온도를 확인하는 것은 매우 중요하다. 따라서 고품질의 연료용 목재칩을 생산하기 위한 건조과정의 핵심은 수분을 제거하는 것이며, 건조장 내부는 자연환기가 원활하게 작동되어야 한다. 무엇보다 목재칩 내부의 습기를 용이하게 제거하기 위한 구조가 요구되었다. 본 연구는 이와같은 선행연구 검토를 바탕으로 독일 드레스덴 공과대학(Technische Universitat Dresden)의 Joachim Brummack이 고안한 자연건조장 개념도를 참고하여 자연건조장을 설계 하였다. [4]

Joachim Brummack은 2006년부터 목재칩을 생산할 때 외부 에너지를 사용하지 않는 자연건조 방법을 다양하게 개발해 왔다. Fig. 2와 같이 목재칩을 야외에 적재하고 비를 맞지 않도록 간단히 덮개를 씌운 후 두 개의 파이프를 목재칩 더미에 꽂아 내부에 공기가 공급되는지를 분석하였다. 연구결과 저장기간 45일이 지나면서 목재칩 내부의 온도가 떨어지고, 이후 외기온도의 변화에도 20℃ 안팎을 유지하고 있는 것으로 확인되고 있다. 이는 목재칩 내부 깊은 곳까지 바람이 통과되었기 때문이며, 야외에 목재칩을 쌓아 두기만 했을 때와는 다르게 발효 및 부패 현상이 생기지 않아 목재칩의 함수율을 낮추는데 효과가 있음을 입증하는 것이다. [4]

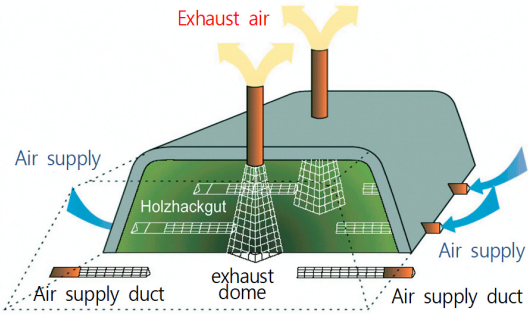

Fig. 2. Concept of natural drying plant by Joachim Brummack

이 개념도의 핵심은 별도의 건축공정 없이 야외에 목재칩을 적재하되, 비를 맞지 않도록 덮개를 씌우고 목재칩 더미 내부의 습기를 제거하기 위한 단순한 구조의 흡기 및 배기용 장치를 설치하는 것이다.

3. 연구의 내용 및 방법

본 연구는 다음과 같은 과정과 방법에 따라 수행되었다. 실험 프로세스는 〈건조실험 협력체계 구성〉 → 〈자연환기건조장의 제작 및 설치〉 → 〈목재 구입〉 → 〈파쇄 및 적재〉 → 〈센서 부착〉 → 〈측정〉 → 〈분석 및 결과 도출〉 순으로 설계되었다. 주요 실험절차와 내용을 정리하면 첫째, 충남 예산군 소재 충남적정기술공유센터의 야외 부지에 자연건조실험장을 제작, 설치하였다. 자연환기건조장은 비닐하우스를 기본구조로 하여 10톤 규모로 제작되었다. 둘째, 파쇄성능이 우수한 네덜란드 원목 파쇄 장비를 이용해 실험용 목재칩을 생산하였다. 셋째, 목재칩 내부의 온도 및 함수율 변화를 측정하기 위해 16곳의 포인트를 설정하고, 총 16개의 K-Type 온도센서를 설치하였다. 넷째, 건조장에 적재된 목재칩의 함수율과 내부온도를 매주 2차례씩 측정하고 기록하는 작업을 8개월간 진행하였다.

④ 스위스 연방에너지국의 목재칩 품질향상 연구보고서는 Dr. Ahrens, F의 'Qualitatssicherung bei der Hackschnitzeltrocknung' 연구논문을 인용하였다. Ahrens 박사의 실험결과는 독일은 물론 북유럽의 여러 연구자들이 자주 인용하고 있다.

실험 기간은 2019년 4월 29일부터 12월 29일까지 약 8개월 동안이며 계절별 기후조건에 따라 목재칩의 건조상태가 어떻게 변화하는지 측정하였다. 건조실험에 사용된 장비는 대만 TECPEL사의 DTM-319 K-Type 온도센서 및 Data Loger, 오스트리아 Schaller사의 Humimeter BMC 함수율 전용측정기 및 Humimeter BLL 탐침형 함수율측정기, 외부 기온 및 풍량 측정은 독일 testo사의 Testo-435 다기능측정기를 동시에 사용하여 측정의 신뢰도를 높이고자 하였다.

본 실험은 관련 경험을 보유하고 있는 '충남적정기술협동조합연합회[5]'의 도움을 받아 연구를 진행하였다. 실험절차와 내용은 Table 1과 같다.

Table 1. Experiment procedure of natural drying

	Experiment procedure	Experiment content
1	Installation of a drying facility	Designing and building of a drying facility with natural ventilation funct-ion with a reference to overseas da-ta from Germany, Austria, etc.
2	Crushing and loading	Production of wood chips after crus-hing 6 tons of wood with a dedica-ted crusher and then loading them in the drying facility.
3	Installation of a measuring device	Attachment of a temperature sensor by setting a measuring point all ove-r the chips.
4	Monitoring	Percentage of water content, temper-ature, humidity, wind volume, meteo-rological change

3.1 자연환기건조장 설계 및 제작

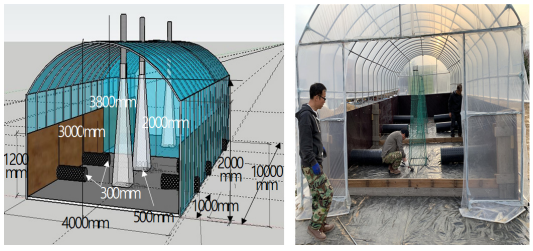

Fig. 3. Design and manufacture of natural drying plant

자연환기건조장은 Dr. Joachim Brummack의 개념도를 기초로 하여 충남적정기술협동조합연합회의 연소기술을 접목하여 Fig. 3과 같이 설계하였다. 고효율 연소기술 중 별도의 동력 없이 굴뚝의 높이로 흡기와 배기시스템을 조절하는 기술을 적용하였다. 건조장은 농사용 비닐하우스에 쓰이는 재료를 이용해 가로 10m, 폭 4m, 높이 3m로 제작하였고, 바닥은 지면으로부터 습기가 침투하는 것을 방지하기 위해 비닐 방수포와 제초매트를 2중으로 깔아주었다. 실험을 위해 원목을 파쇄한 목재칩과 소경재 목재칩, 가지목 목재칩 등 샘플을 3종류로 구분하였으며 샘플이 혼합되지 않도록 차단벽을 설치하였다.

흡기터널(Air-inlet tunnel)은 건설현장에서 자주 쓰이는 직경 300mm의 유공관[6]을 활용하였고, 흡기터널로 야생동물이나 이물질이 들어가지 못하도록 양 끝에 철망을 부착하였다. 자연환기의 핵심 기능인 배기터널(Exhaust tunnel)은 철근을 용접한 구조물에 150mm 직경의 연통을 이용하여 건조장 지붕보다 1m 높게 설치하였다. 자연환기건조장 설치시 가장 중요하게 고려했던 점은 건조장의 기밀(Air thight)이었다. 배기터널 이외의 곳으로 공기가 투입되면 내부 압력변화로 원활한 흡기와 배기시스템이 작동하지 않기 때문이다.

3.2 실험용 목재칩의 생산

실험에 사용할 목재칩은 샘플당 2톤씩 총 6톤의 목재칩을 생산하였다. 샘플A는 원목을 파쇄한 목재칩이며, 샘플B는 소경재 목재칩[7], 샘플C는 가지목 목재칩으로 구분하여 생산하였다. 국내 파쇄기의 대부분이 톱밥용 파쇄기인 관계로 연료용 목재칩 규격을 충족하기 위해 Fig. 4에서 보는 것과 같이 네덜란드 파쇄기를 임차하여 파쇄작업을 진행하였다.

Fig. 4. Netherlands Dutch Dragon EC 6060 Shredder work scene(left), Wood chips loaded by sample(Right)

5) 충남적정기술협동조합연합회(회장 이승석)는 2015년 설립된 법인으로 2017년 충청남도의 지역특화사업을 통해 '산림형 사회적경제 육성사업'을 수행한 바 있고, 2018년부터 2년간 산업통상자원부 커뮤니티 비즈니스 활성화사업을 통해 '함수율 25%이하 우드칩 생산기술 R&D' 과제의 중심적인 역할을 하였다.

6) 작은 구멍이 촘촘히 뚫린 플라스틱 재질의 관

7) 지름 40cm 이상의 상품성이 높은 원목을 제외한 지름 20cm 미만의 원목

3.3 측정 및 모니터링

건조장에 적재된 목재칩의 함수율과 내부 온도를 매주 월요일과 금요일에 측정하고 기록하는 작업을 8개월간 진행하였다. 샘플A(원목 파쇄 목재칩)에는 총 8개의 K-type 센서를 설치하고, 샘플B(소경재 파쇄 목재칩)와 샘플C(가지목 파쇄 목재칩)에는 4개씩의 센서를 설치하는 등 모두 16개의 센서를 설치하였다. 함수율 측정은 각 샘플당 3곳의 지점을 정하여 총 9개 지점에서 측정하였다. K-Type 온도센서는 10mm 케이블을 사용하여 연결하고, 센서를 2미터 길이의 봉에 묶어 목재칩 내부에 매설하였다. 매설된 케이블 센서의 위치와 번호는 Fig. 5와 같다. 모니터링 기록지에는 측정한 날짜와 측정시간, 그리고 16개 지점의 센서별 온도기록과 9곳의 함수율 측정값을 모두 기재했다.

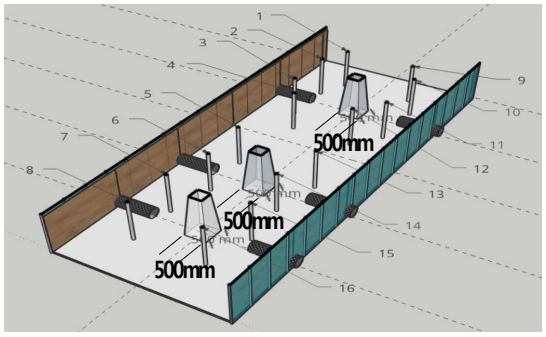

Fig. 5. K-Type sensor attachment location and measurement number

실험 중 날씨에 의한 변수도 발생하였다. 2019년 9월 7일 우리나라를 통과한 중심기압 965hPa, 최대풍속 39m/s의 대형태풍 '링링'의 영향으로 Fig. 6과 같이 비닐하우스 건조장이 피해를 받았다. 비닐이 바람에 파손되면서 파이프를 제외하고 거의 전파되었으나 야외에 적재된 목재칩의 경우 언제든 태풍과 같은 자연재해의 영향을 받을 수 있으므로 태풍으로 비에 노출된 기간도 동일하게 측정을 진행하였다. 그 결과 상당히 많은 양의 비에 노출되었음에도 적재된 목재칩 상층부분 4~5cm 정도만 젖어 있고 내부의 함수율 변화에는 영향을 미치지 못한다는 사실을 확인하였다. 파손된 건조장은 9월 19일에 원 상태로 복구하여 모니터링을 지속하였다.

Fig. 6. Damaged natural drying plant(top), Drying plant that has been restored(down)

4. 연구결과

4.1 건조효과 분석

8개월 동안 자연건조를 통해 각 샘플들은 10~15% 정도 건조가 진행되었다. 다만 9월 7일 태풍 피해로 인해 습도가 높아지고 빗물이 목재칩에 침투되어 모든 샘플에서 일정하게 함수율이 상승하였다. Fig. 7에서 보는 바와 같이 원목 목재칩인 샘플 A의 함수율은 32%에서 21%(11% 감소)로, 소경재 목재칩 샘플 B는 함수율 29%에서 15%(14% 감소)로, 가지목 목재칩 샘플 C는 함수율이 27%에서 14%(13% 감소)로 건조되었다. 결과적으로 고성능 환기설비를 갖춘 전용건조장이 아니더라도 농촌지역에서 쉽게 조달할 수 있는 재료로 자연환기 기능만 갖춘다면 자연건조를 통해서 함수율 20% 이하의 고품질 연료용 목재칩을 생산할 수 있음을 확인하였다.

함수율을 10% 감소시키는데 소요되는 기간은 샘플 A의 경우는 55일, 샘플 B는 63일이 소요되었다. 샘플 C는 47.5일로 가장 짧았는데 원목보다 고체 비중이 낮고 상대적으로 부피비도 크기 때문인 것으로 판단된다. 함수율 분석결과를 종합하면 목재칩의 함수율을 10% 낮추려면 평균 55.16일이 지나야 하며, 이는 1% 건조하는데 약 5.5일의 기간이 필요하다는 것을 의미한다. 따라서 일반적으로 야외에 적재된 목재칩의 함수율이 35~40% 정도이므로 이를 연료용 목재칩으로 사용하기 위한 품질인 20% 이하로 낮추기 위해서는 최소한 82-110일의 기간이 필요함을 알 수 있다. 이를 단순화하면 연료용 목재칩

으로 사용하기 위한 자연건조 기간은 3~4개월이면 충분하다고 할 수 있다.

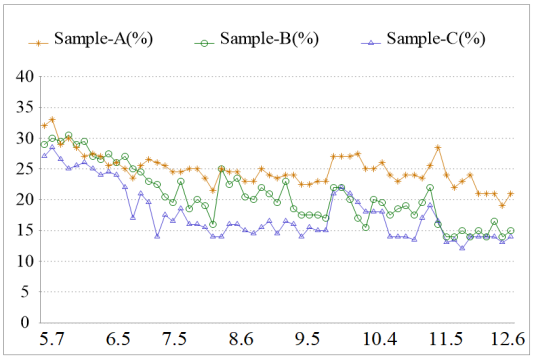

Fig. 7. Changes in moisture content during the natural drying period. (Sample-A : Solid wood chips, Sample-B : Small hardwood wood chips, Sample-C branch wood chips)

4.2 내부 온도변화 분석

8개월 동안의 목재칩 자연환기 건조실험에서 또 주목해야할 점은 목재칩 내부의 온도변화이다. 목재칩 16개 지점의 온도변화를 분석한 결과 Fig. 8, 9, 10과 같이 모든 샘플에서 함수율의 변화에 따른 목재칩 온도변화가 크지 않았다는 것을 확인하였다. 이는 앞서 독일연방환경부 자료에서 밝힌 것처럼 목재칩의 온도변화는 곰팡이가 번식하는 것과 매우 밀접한 관련이 있다. 적재된 목재칩 내부에 바람이 통하지 않는 상태가 유지되면 함수율에 의해 온도가 상승하면서 곰팡이가 자라기 좋은 조건이 형성되기 때문이다.

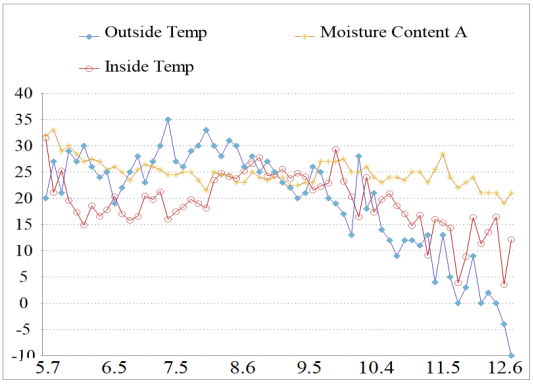

Fig. 8. Changes in temperature and moisture content inside and outside the wood chips.(Sample-A)

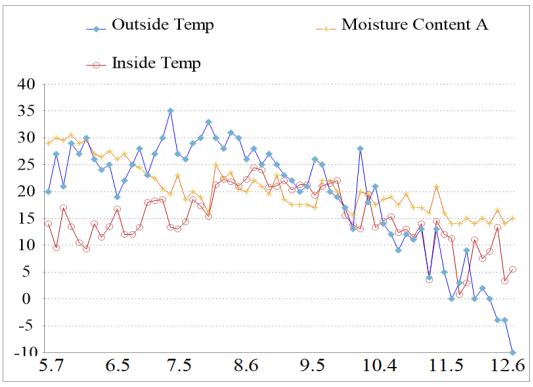

Fig. 9. Changes in temperature and moisture content inside and outside the wood chips.(Sample-B)

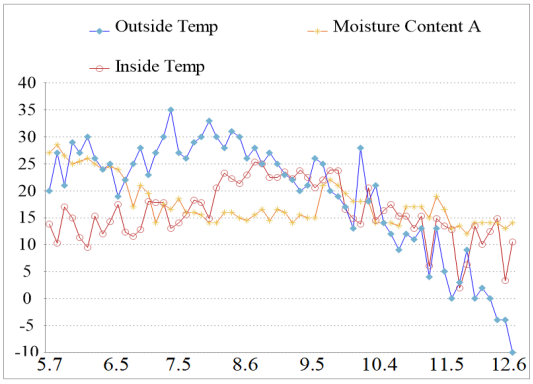

Fig. 10. Changes in temperature and moisture content inside and outside the wood chips. (Sample-C)

그러나 본 실험에서와 같이 흡기와 배기시스템을 갖춘 건조장에서는 목재칩 내부의 온도가 3개 샘플 모두에서 실험기간 동안 25℃ 이상을 넘지 않는다. 특히 샘플 B와 샘플 C의 건조과정이 샘플A보다 더 빠르게 진행되어 내부의 온도도 빠르게 떨어져 평균적으로 25℃ 이하를 유지하고 있었다. 소경재 및 가지목 목재칩이 원목 목재칩보다 건조가 빠른 것은 부피와 밀도 차에 의한 것으로 판단된다.

특이한 점은 외부 기온이 높은데도 불구하고 샘플 내부의 온도가 10℃ 이하로 떨어지는 현상이 발견되었다. 이에 외부기온 20℃ 이상일 때 샘플 내부온도가 10℃ 이하로 떨어진 경우 외부기온 및 습도, 함수율의 상관관계를 분석하고자 하였다. 샘플 A에서는 10℃ 이하 값이 1개 밖에 없었고, 샘플 B와 샘플 C의 14개를 측정값을 이용해 교차분석을 하였으나 pearson 카이제곱 유의확률이 0.301로 나타나 분석결과로 활용하기엔 어려웠다.

그러나 목재칩 내부온도가 외부 기온보다 현격하게 떨어지는 이유는 건조장 내부구조가 증발냉각(evaporative cooling) 효과를 작용시키는 구조이기 때문인 것으로 판단된다. 건조장 내부의 공기 통로에 수분을 함유한 목재칩이 둘러싸고 있고, 자연환기에 의해 공기가 순환하며 목재칩의 수분이 증발하면서 주변의 열을 흡수한다. 이러한 목재칩 내부의 증발 잠열은 수분이 있을 때 가능하므로 건조가 어느 정도 진행되고 나면 발생하지 않음을 실제 실험결과에서도 확인할 수 있다.

온도변화 결과를 종합하면 자연환기건조장은 목재칩 품질에 영향을 주는 곰팡이의 번식과 발효를 효과적으로 차단하였다. 즉, 함수율 30~50%와 내부온도 20~35℃이라는 곰팡이 서식의 최적 조건을 형성하지 않았음을 입증하였다. 따라서 자연건조 방식으로 목재칩을 건조할 경우 규격에 맞게 흡기와 배기시스템을 갖춘다면 연료용 목재칩 품질기준을 만족하는 목재칩 생산이 충분히 가능하다.

5. 결론 및 시사점

실험결과를 요약하면 첫째, 3개의 목재칩 샘플이 건조전보다 10~15% 정도 함수율이 낮아졌다. 둘째, 목재칩 내부온도가 25℃ 이상을 넘지 않아 연료품질에 직접적 영향을 주는 곰팡이 번식을 효과적으로 제어하였다. 셋째, 목재칩 대량건조시 기간에 비례하여 함수율이 계속 낮아지지 않는다는 점이다. 본 실험은 연료용 목재칩 보급이 늘어나는 추세에 따라 농촌지역의 현실에 맞게 품질기준을 충족하는 목재칩 건조기술의 방법과 효과를 파악하기 위한 것이다. 물론 강제건조 설비를 통한 목재칩 생산 및 품질관리가 해답이 될 수 있으나, 지역공동체 여건상 고액의 설비비 및 건축비가 필요한 강제건조 설비를 도입할 여건이 되지 않는 경우 장기간 대량으로 목재칩을 자연건조 할 수 있는 방법과 기술이 필요하다.

본 연구를 통하여 간단하고 저비용의 자연환기시스템을 기반으로 하는 건조기술은 적재된 목재칩 내부에 공기의 흐름을 일정하게 형성하여 목재칩 건조 시 발생할 수 있는 온도상승과 이에 따른 곰팡이 번식 현상을 막을 수 있다는 점이 확인되었다. 특히 태풍의 영향을 받았음에도 90일이 경과하면 외부 습도 및 온도의 영향을 받지 않고 20% 내외의 일정한 함수율을 유지한다는 결과는 자연환기 건조장의 건조 기간은 평균 90일이 적합하다는 결론을 도출하기에 충분하다.

결론적으로 미이용 산림바이오매스를 활용한 난방연료 활용 필요성이 대두되면서 목재칩을 통해 농촌지역의 난방에너지를 효율적으로 대체하기 위한 시도가 확대되고 있다. 그러나 국내에는 연료용 목재칩 전용건조장의 규격과 재질 등 관련 기준이 없고, 다양한 조건에서의 현장연구도 거의 없는 상황이다. 따라서 정부 및 지자체 차원에서 미이용 산림바이오매스를 활용한 연료용 목재칩 자연건조기술 개발사업, 농촌보급용 소규모 자연건조장의 성능 및 설계기준 수립 등의 정책 및 후속연구가 요구된다고 할 수 있다.

References

[1] Scholz. Volkard, and Idler. Christine, “Energy loss and mold development when storing field wood chips”, Bornimer Agricultural Technical Reports-Issue 39, Leibniz Institute for Agricultural Technology Potsdam-Bornim e.V., Germany, pp. 33-69, 2005.

[2] Dr. Daniel Kuptz et al, “Handbook For Quality Managment Of Wood Chips”, pp. 92, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. and Bundesverband Bioenergie e.V., pp.31-34, 2017

[3] Gregor. Lutz and Andreas. Keel, “Improving the quality of wood chips”, Pre-project Final report, Swiss Office of Energy, Swiss, pp. 22-24, 2015.

[4] Joachim Brummack, Drying of Wood Chips without external Energy, Bornimer Agricultural Technical Reports Issue 63, Leibniz Institute for Agricultural Engineering Potsdam-Bornim e.V., Germany, pp. 5-20, 2008.

안 병 일(Byeong-IL An) [정회원]

• 2020년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 대학원 환경자원경제학과 석박사 통합과정
• 2019년 11월 ~ 현재 : 단국대학교 산림에너지연구소 상임연구위원
• 2018년 12월 ~ 현재 : 충남에너지 전환 네트워크 공동대표

〈관심분야〉
재생에너지, 바이오매스, 적정기술 등

고 경 호(Kyoung-Ho Ko) [정회원]

- 2013년 8월 : 단국대학교 대학원 경제학박사
- 2015년 3월 ~ 2020년 2월 : 단국대학교 환경자원경제학과 초빙교수
- 2020년 3월 ~ 현재 : 단국대학교 정책 경영대학원 조교수

〈관심분야〉
지역개발, 지역산업경제, 사회적경제 정책 등