Journal of the Korean Society of Civil Engineers
Vol. 40, No. 3: 315-320/ June, 2020
DOI: https://doi.org/10.12652/Ksce.2020.40.3.0315

ISSN 1015-6348 (Print)
ISSN 2287-934X (Online)
www.kscejournal.or.kr

Environmental and Ecological Engineering **환경 및 생태공학**

목재 펠릿(pellet)을 활용하는 휴대용 펠릿 난로의 연소 효율 향상과 일산화탄소(CO) 배출 저감을 위한 연소기 개발

민경순* · 임대은**
Min, Kyoung-Soon*, Lim, Dae-Eun**

Development of a Combustor in Portable Pellet Stoves Using Wood Pellets to Improve Combustion Efficiency and to Reduce Carbon Monoxide (CO) Emission

ABSTRACT

Pellets are manufactured using wood by-products. The combustion efficiency of pellets depends on the pellet manufacturing process, the types of materials mixed while manufacturing and the wood pellet stoves themselves. In this study, we developed a multi-layer combustor to be used in a wood pellet stove, for the purpose of reducing environmental pollution and energy waste due to incomplete combustion. The multi-layer combustor was designed to compensate for the shortcomings of existing combustors. A CAD (Computer Aided Design) model was verified using a 3D printer and a prototype was developed. The combustion experiments were conducted on commercial and proposed combustors using pellets of the same brand, manufacturing date, place and specifications. From the experiments, it was found that the proposed combustor produced the lowest carbon monoxide (CO) emission and highest thermal efficiency.

Key words : Recycle, Global warming, Wood pellets, Multistage combustor, CO, Complete combustion, Biomass

초 록

목재 부산물 등을 활용하여 제조되는 목재펠릿(pellet)은 가공되는 방식과 추가되는 부산물의 종류, 목재펠릿난로의 종류에 따라 완전연소가 아닌 불완전연소가 일어나는 경우가 있다. 이에 본 연구에서는 불완전연소로 인한 환경오염과 에너지 낭비를 줄이기 위해 목재펠릿난로 연소 작용의 핵심부인 연소기를 개발하였다. 현재 시중에서 유통되고 있는 목재펠릿난로의 연소 작용을 담당하고 있는 연소기의 한계점을 넘기 위해 다층구조(Multi Layer)방식이라 명명하는 새로운 구조의 연소기 방식을 창안하고, CAD (Computer Aided Design) program으로 설계 후 3D 프린터를 활용하여 실현 가능성을 검증하였다. 검증된 데이터를 바탕으로 다층구조(Mulit Layer)방식의 목재펠릿난로의 연소 작용을 담당하는 연소기의 시제품(Prototype)을 설계, 제작하여 실험을 진행하였다. 실험의 신뢰도를 위해 동일한 날짜, 장소, 연료를 사용하여 현재 시중에서 유통되어 판매되고 있는 목재펠릿난로의 연소기와 본 연구에서 개발한 목재펠릿난로의 연소기를 비교실험하였다. 실험의 결과로 환경적인 측면에서 일산화탄소(Carbon Monoxide) 배출량의 감소를 확인하였고, 에너지 효율면에서 상대적으로 높은 열효율 결과를 도출하여 긍정적인 결과를 나타냈다.

검색어 : 펠릿 난로, 지구온난화, 목재 펠릿, 연소기, 일산화탄소, 완전연소, 바이오매스

* 정회원 · 강원대학교 산업공학과 박사과정 (Kangwon National University · minfoxya@kangwon.ac.kr)
** 교신저자 · 강원대학교 산업공학과 교수 (**Corresponding Author** · Kangwon National University · del@kangwon.ac.kr)

Received November 16, 2019/ **revised** January 20, 2020/ **accepted** March 30, 2020

Copyright ⓒ 2020 by the Korean Society of Civil Engineers
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.

1. 서 론

국내외적으로 화석 연료의 사용에 따른 온실효과로 인한 지구온난화가 심각해지며 친환경 청정에너지원의 발전 및 개발에 대한 관심이 증가하고 있다(Kim et al., 2009). 우리나라 역시 2017년 신·재생에너지 발전 비율이 8.08 %로 많은 비율을 차지하며 발전 및 개발에 집중하고 있다(Korean Energy Agency, 2019). 이러한 상황 속에서 산림바이오매스(forest biomass)의 한 종류인 목재펠릿은 환경문제 해결과 유한한 화석 연료의 대체에너지로 주목받고 있다(Use EFB Pellet as Renewable Energy, 2015). 장작이나 숯, 톱밥과 다른 연료들에 비해 작은 부피로 많은 열량을 낼 수 있으며, 작은 부피로 인해 운반과 보관이 용이하다(Melzer, 2010). 또한 숲 가꾸기 산물 등을 파쇄, 건조, 압축하여 만든 목재연료로 기후변화협약(framework convention of climate change)에서 온실가스 배출이 없는 것으로 인정받았다.

우리나라에서는 숲가꾸기 등을 통해 매년 에너지로 이용할 수 있는 에너지 중 2백만 m^2 만큼의 나무가 버려지고 있다. 이를 펠릿으로 만들어 이용할 경우 매년 45만톤의 원유 사용을 줄 일 수 있으며, 매년 약 137만 톤의 이산화탄소를 줄이는 효과가 있다(Kim, 2019a).

목재펠릿은 황산화물(Sulfur Oxodes)과 질소산화물(Nitrogen Oxide)의 배출량이 적지만 기후, 기온, 습도 또는 부산물의 종류와 압축방식에 따라 대기압으로 인한 연료 적체 등의 현상을 일으켜 불완전연소가 발생한다(Popp et al., 2014). 불완전연소로 인한 일산화탄소(CO)의 발생은 사람에게는 산소 공급능력을 방해하여 저산소증을 유발할 수 있다(Zhang and Smith, 2007). 이를 해결하기 위해 현재 진행되고 있는 대부분의 연구는 목재펠릿 자체의 압축방식 등에 대한 제조에 국한된 경우가 많다(Joo et al., 2019). 기계적인 결함을 수정하기 위한 방안도 여러 각도에서 연구되고 있으며, 가정과 식당 등에서 사용하는 목재 펠릿 보일러와 목재펠릿 난로의 성능 및 배기에 따른 특성을 분석하는 경우의 연구는 많다(Kang et al., 2011; Kim et al., 2014). 하지만 실외에서 전기 없이 사용하는 목재 펠릿 난로에 관련한 연구는 찾아보기 힘들다(Kang et al., 2009). 특히, 난로의 연소를 담당하는 연소기와 관련된 연구는 더 찾기 힘들다. 도시 생활이 가져다주는 삶의 편리성과 쾌적성도 좋으나, 도시를 떠나 자연에서 차유와 휴식을 가지고자 하는 캠핑 인구가 급속도로 늘고 있다(Kang et al., 2016). 국내 캠핑 산업의 규모는 2조 40억원이며, 캠핑시 주요 활동으로는 조리(바베큐 등) 21.8 %, 불놀이 20.4 %, 휴식 18.5 %를 기록하고 있다(Kim, 2019b). 위와 같은 활동 중 조리(바베큐 등)와 불놀이는 담당하며, 난방까지도 책임지는 캠핑용품의 종류 중 하나가 펠릿난로이다. 펠릿난로는 목재펠릿의 상태와 계절, 기후, 고도에 따라 불완전연소가 일어나 일산화탄소(CO) 배출량이 높아진다(Joo et al., 2019). 또한 목재펠릿의 적체로 인해 열효율이 떨어지는 문제가 발생한다(Popp et al., 2014). 이에 본 연구에서는 열효율을 극대화하고 일산화탄소(CO) 배출량을 최소화하기 위한 해결 방안으로 야외에서 사용하는 펠릿난로의 연소를 담당하는 연소기의 구조를 개발하였다.

2. 연구방법

2.1 연소기의 역할

실외에서 사용하는 목재 펠릿 난로에서 펠릿 연료의 연소 장치부를 연소기라고 한다. 연소 작용이 시작되면 연소가스를 배출하는 연통이 가열되어 상승기류를 만들어 낸다. 연통의 상승 기류를 통해 배기압이 발생하고 연소가스가 배출되면서 연소부에는 배출된 연소가스만큼의 외부 공기가 유입되어 연료가 발화되며 연소가 진행된다(Forest Biomass Energy Association, 2019).

2.2 연소기 개발 범위

펠릿난로의 연소기안에 있는 연소봉은 목재펠릿의 연소가 완료될 때까지 아래로 빠지지 않도록 한다. 동시에 공기의 흐름을 원활히 하여 목재펠릿의 연소가 일어나는 역할을 한다.

시중에서 판매되고 있는 연소기의 연소봉은 Fig. 1처럼 금속재질의 환봉이"—"자로 배치되어 있는 단층(Single Layer)구조가 주로 사용된다. 목재펠릿은 공기의 공급이 원활하지 못할 경우 완전연소가 되지 않아 일산화탄소 배출량이 증가하며, 재의 배출량이 증가한다(Euh et al., 2014). 그에 반해 본 연구에서 개발한 펠릿난로 연소기는 Fig. 2에서 볼 수 있듯이 "W"모양을 연상하게 만드는 형상이며 다층(Multi Layer)방식으로 연소봉이 배치되어있다. 이러한 구조는 기존의 제품에서는 볼 수 없는 방식으로, 6~8 mm정도의 지름을 가진 목재펠릿의 연소 시 공기의 흐름을 더 원활하게 만들어준다. Fig. 3에서와 같이 단층 구조 방식은 연소봉과 연소봉의 간격이 6 mm로 11개의 공기 흐름 통로를 가지고 있다. 다층

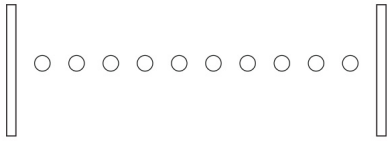

Fig. 1. Combustor Currently on the Market (Single-Layer Structure)

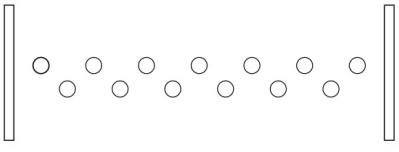

Fig. 2. Developed Combustor (Multi-Layer Structure)

(Multi Layer)구조방식은 연소봉과 연소봉의 간격이 다층으로 구성되어 아래 Fig. 4에서와 같이 14개의 공기 흐름 통로를 가지게 되므로, Fig. 3의 단층(Single Layer) 구조 방식보다 27.2 % 정도 간격이 더 넓어짐을 알 수 있다.

이를 통해, 완전히 연소되지 못하고 떨어지는 목재펠릿은 1차 연소, 2차 연소, 3차 연소, 4차 연소의 다층(Multi Layer) 방식에 의해 아래로 떨어지면서 연소가 이루어지게 된다.

Fig. 5는 제안된 방식으로 설계한 연소기의 단면도이다. 단면도 D는 일반적인 목재펠릿의 크기를 나타내며 연소봉들 사이의 간격은 아래로 내려갈수록 작아짐을 알 수 있다. 이는 목재펠릿의 연소와 작은 크기의 목재펠릿이 소실되지 않고 연소 되도록 하기 위함이다.

Fig. 6은 개발된 연소기의 3D 형상이며, Figs. 7~9는 실제 테스트를 위해 제작한 시제품의 형상이다.

2.3 실험 설계

다층구조방식의 연소기가 실제 열효율과 일산화탄소(CO)발생에 영향을 미치는지에 관해 실험을 진행하였다. 주요 인자를 연소기로 선정하였으며 동일한 실험 조건을 최대한 갖추기 위해 시중에서 판매하는 동일한 형상의 목재펠릿난로 2개와 시중에서 판매되고 있는 목재펠릿난로의 연소부를 담당하는 연소기 1개, 본 연구에서 개발하여 시제품으로 만든 연소기 1개를 준비하였다. 목재펠릿의 양은 1,000 g으로 동일하게 사용하였으며, 재료로 사용한 목재펠릿의 구성성분은 캐나다산으로 직경 6~8 mm, 함수율 10 % 이하, 회분 0.7 % 이하, 화학성분 S 0.05 %, CI 0.05 %, N 0.3 % 이하인 단양군 산림조합에서 판매하는 제품을 실험에 사용하였다. 총 40일간 40회 실험을 진행하였다. 온도 및 일산화탄소(CO)의

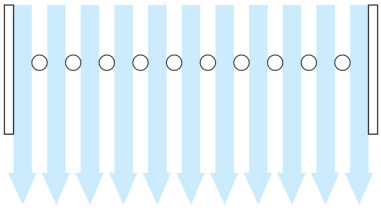

Fig. 3. Air Flow in Combustor Currently on the Market (Single-Layer Structure)

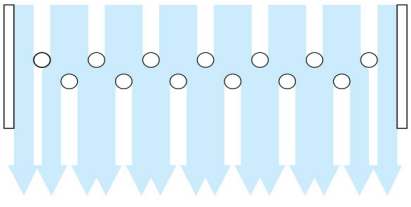

Fig. 4. Air Flow Developed Combustor (Multi-Layer Structure)

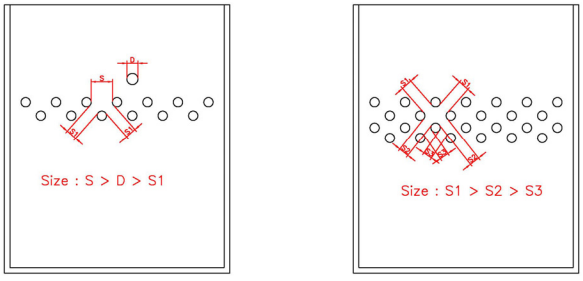

Fig. 5. Cross Section of Developed Combustor

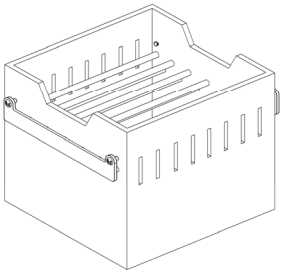

Fig. 6. 3D Sketch of the Developed Combustor

Fig. 7. Actual Shape of the Developed Combustor

Fig. 8. Actual Planar Shape of the Developed Combustor

Fig. 9. Actual Rear View of the Developed Combustor

측정은 5분 단위로 10번 측정 후 각각 1회 실험의 평균값을 내었다. 동일한 시간대에 실험을 반복함으로써 순수오차를 낮추어 실험의 신뢰성을 높였다. 높을수록 좋은 열효율은 망대특성으로, 낮을수록 좋은 일산화탄소(CO)배출량은 망소특성으로 두고 실험 후 실험결과를 바탕으로 분산분석을 진행하였다.

실험의 신뢰성을 높이기 위해 측정장비로는 열효율을 측정하기 위해 비접촉식 적외선 온도계를 이용하여 1.5 m 떨어진 거리에서 동일하게 진행하였다. 일산화탄소(CO)배출량을 측정하기 위해 일산화탄소(CO) 측정기를 사용하여, 연료가 연소될 때 뿜어져 나오는 일산화탄소(CO)배출량을 측정하였다.

3. 결과

시중에 판매되고 있는 목재펠릿 연소기와 본 연구에서 개발한 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기를 목재펠릿난로에 각각 장착하여, 온도변화와 일산화탄소(CO)배출량의 변화량을 측정하여 아래와 같은 결과를 얻었다.

Table 1은 온도변화의 측정값을 이용하여 기술통계 및 상관관계 분석을 실시하였다. 총 40회(N)의 실험을 진행하였다. 1회(N) 측정은 5분 단위로 10회 측정한 값의 평균값이다. 실험 결과 시중에 판매되고 있는 목재펠릿 연소기의 평균온도 419.6°C보다 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기의 온도가 457.4°C로 10.7 % 상승한 것을 확인할 수 있었다.

Table 2는 Table 1의 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿연소기의 온도변화 측정값을 이용하여 ANOVA (Analysis of Variation) 분석을 한 결과이다. 실험의 타당성을 판단하기 위해 F-검정을 실행하였으며, F-검정결과 유의 확률(P-value)은 0.000 유의미하게 나왔다. 즉, 시중에서 판매되고 있는 목재펠릿 연소기보다 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기의 열효율이 높다는 것이 증명되었다.

Table 3은 일산화탄소(CO)배출량의 측정값을 이용하여 기술통계 및 상관관계 분석을 실시하였다. 총 40회(N)의 실험을 진행하였다. 1회(N) 측정은 5분 단위로 10회 측정한 값의 평균값이다. 실험 결과 일산화탄소(CO) 배출량은 개발된 다층(Multi Layer)구조방식 목재펠릿연소기는 평균 173.9 ppm, 시중에 판매되고 있는 목재펠릿연소기의 일산화탄소(CO)의 배출량인 평균 206.6 ppm인 것을 감안할 때, 시중 제품보다 개발된 제품의 일산화탄소(CO)의 배출량이 15.8 % 감소한 것을 확인 할 수 있었다.

Table 1. Temperature Test Result (unit: °C)

	N	Averge	SD	SE	Min	Mix
Developed combustor	40	457.4250	15.75760	2.49150	411	485
Combustor currently on the Market	40	419.6500	16.72331	2.64419	389	445

Table 2. Temperature Test Result of ANOVA Table

	SS	DF	MS	F	P-value
Between groups	28539.012	1	28539.012	108.108	0.000
Within Groups	20590.875	78	263.986		
Total	10257.8	79			

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.00

Table 3. Carbon Monoxide Measurement Results (unit: ppm)

	N	Averge	SD	SE	Min	Max
Developed combustor	40	173.3000	68.51472	10.83313	78	301
Combustor currently on the Market	40	206.6250	79.17805	12.51915	101	364

Table 4. Carbon Monoxide Measurement Results of ANOVA Table

	SS	DF	MS	F	P-value
Between Groups	22211.113	1	22211.113	4.052	0.048
Within Groups	427573.775	78	5481.715		
Total	449784.888	79			

*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001

Table 4는 Table 3의 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기의 일산화탄소(CO) 배출량을 바탕으로 한 ANOVA (Analysis of Variation) 분석 결과이다. F-검정을 실행하였으며, 유의확률(P-value) 0.048로 유의미하게 나왔다. 즉, 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기가 시중에서 판매되고 있는 연소기보다 일산화탄소(CO)의 배출이 감소되었다는 것이 증명이 되었다.

위의 Tables 1~4의 계산값과 검정값은 통계프로그램인 IBM SPSS 24 Program을 활용하여 계산하였다.

시각적인 차이점을 보기 위해 열화상 카메라를 이용하여 동일장소, 동일시간대, 동일한 위치에서 2개의 목재펠릿난로에 각각 연소기를 설치하여 촬영하였다. Fig. 10은 시중에서 판매하는 시중 연소기를 열화상 카메라(Infrared Thermal Camera)로 촬영한 사진이다. Fig. 11은 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기를 열화상 카메라로 촬영한 사진이다. 목재펠릿난로의 본체(그림에서의 ❷번 부분)의 온도가 올라감에 따라 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기 색깔이 어두운색에서 밝은색으로 더 빨리 변하며 면적 또한 넓어지는 것을 볼 수 있다. 본 연구에서 다루고 있는 연소기(그림에서의 ❸번 부분) 부분 또한 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기가 더 빨리 밝은색으로 변하며 면적 또한 넓어지는 것을 볼 수 있다. Figs. 10 and 11의 왼쪽에 있는 막대바(그림에서의 ❶번 부분)는 아래로부터 위로 색깔이 변하면서 최고온도를 표시해 주고

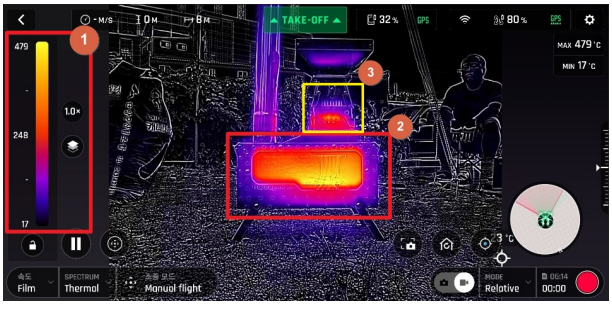

Fig. 10. Combustor Currently on the Market (Single-Layer Structure)

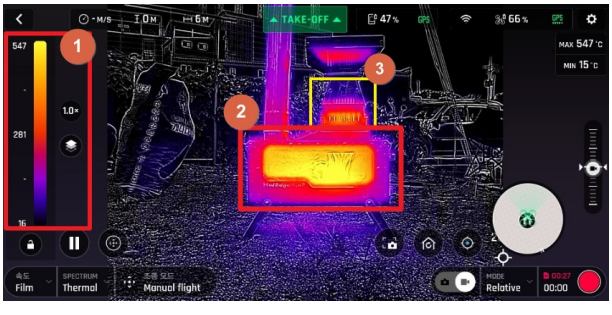

Fig. 11. Developed Combustor (Multi-Layer Structure)

있는데, 개발된 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기가 547°C, 시중에 판매되고 있는 목재펠릿 연소기가 479°C로 찍히고 있다. 즉, 실화상으로 보여지는 시각적인 열효율성 또한 다층(Multi Layer)구조방식의 목재펠릿 연소기가 효과가 있음이 증명되었다.

4. 결 론

본 연구는 목재펠릿을 연료로 사용하는 난로에서 연소 현상의 핵심부인 연소기를 개발하는 것을 목적으로 하였다. 개발 방향은 목재펠릿의 연소시 불완전 연소로 발생하는 일산화탄소(CO)의 배출량을 최소화시키고, 완전 연소에 가까운 연소를 통해 열효율을 상승시키는 것이다. 개발한 연소기의 성능은 실험을 통해 증명하였다. 실험 내용의 객관성을 최대한으로 갖추기 위해 동일장소, 동일시간대, 동일한 종류의 목재펠릿을 이용하여 실험을 진행하였다. 시중에 판매되고 있는 목재펠릿 연소기와 개발된 연소기 성능의 실험은 장소, 시간, 원료의 동일성을 일치시켜 객관성과 정확성을 확보한 뒤 진행하였다. 실험 결과는 시중에서 판매되고 있는 기존 방식의 목재펠릿난로의 연소기보다 다층(Multi Layer)구조방식을 개발하여 적용한 연소기가 일산화탄소(CO)배출량이 적고 최대 온도가 높아 열효율과 완전연소 항목에서 긍정적인 값을 나타내었다. 캠핑아웃도어진흥원에 따르면 "2016년 캠핑산업현황"에서 국내 캠핑산업은 1조 5천억원 규모에, 캠핑하는 인구는 310만명에 달한다(Kang, 2018)고 한다. 본 연구에서 개발한 연소기는 전기가 없는 실외 특히 캠핑장에서 주로 사용하는 목재펠릿난로의 연소를 담당하는 연소부이다. 다층(Multi Layer)구조방식을 적용하여 개발한 연소기는 새로운 목재펠릿 난로를 구매하는 것이 아닌 연소기만을 교체하면 되는 설계 방식으로 경제적으로 효과적이다. 추후, 본 연구의 확장성과 보다 높은 신뢰성을 위해 계절별, 기후별, 고도 등의 변수를 고려한 추가적인 실험이 필요하다.

감사의 글

이 논문은 2019년도 정부재원(과학기술정보통신부 여대학원생 공학연구팀제 지원사업)으로 한국연구재단과 한국여성과학기술인지원센터의 지원을 받아 연구되었습니다.

본 논문은 2019 CONVENTION 논문을 수정·보완하여 작성되었습니다.

This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) and Center for Women In Science, Engineering and Technology (WISET) grant, funded by the Ministry of Science and ICT (MSIT) under the team research program for female engineering students.

References

Euh, S. H., Oh, K. C., Oh, J. H. and Kim, D. H. (2014). "The formation characteristics of tar, ash and clinker due to combustion of wood pellet and performance analysis of wood pellet boiler in terms of the moisture contents change of the wood pellet." *Journal of Energy Engineering*, Vol. 23, No. 3, pp. 221-230 (in Korean).

Forest Biomass Energy Association (2019). *Felit and felit boyer*, Available at: http://www.biomassenergy.kr/ (Accessed: November 1, 2019) (in Korean).

Joo, S. Y., Lee, C. G., Jeong, I. S., Park, S. Y., Oh, K. C., Cho, L. H., Lee, S. Y., Kim, M. J., Kim, S. J. and Kim, D. H. (2019). "Tar reduction and thermal efficiency analysis of a wood pellet boiler using catalyst mixed pellets." *New & Renewable Energy*, Vol. 15, No. 2, pp. 1-8.

Kang, K. R. (2018). *1.5 trillion won in domestic camping industry*, Available at: https://www.edaily.co.kr/news/read?newsId=02935606619080672&mediaCodeNo=257 (Accessed: January 23, 2018) (in Korean).

Kang, S. B., Kim, H. J., Kim, J. J., Park, H. C., Choi, K. S., Sim, B. S. and Oh, H. Y. (2011). "Performance characteristics of domestic wood pellet boilers." *The Society of Air-Conditioning And Refrigerating Engineers of Korea*, pp. 900-903 (in Korean).

Kang, S. B., Kim, J. J. and Choi, K. S. (2009). "Performance test and flue gas characteristics of domestic wood pellet boilers." *The Society of Air-Conditioning and Refrigerating Engineers of Korea*, pp. 569-573 (in Korean).

Kang, S. U., Choi, J. M., Yoon, D. H., Lee, G. Y. and Park, D. C. (2016). *A basic study on the situation and a model development of glamping sites*, The Korean Housing Association, pp. 107-112 (in Korean).

Kim, D. Y., Han, Y. H., Choi, M. A., Park, S. K. and Jang, Y. K. (2014). "A study on estimation of air pollutants emission from wood stove and boiler, wood-pellet stove and boiler." *Journal of Korean Society for Atmospheric Environment*, Vol. 30, No. 3, pp. 251-260 (in Korean).

Kim, H. W. (2019a). *What is the trend of the camping industry?*, Chosun news paper, Available at: http://news.chosun.com/site/data/html_dir/ 2019/04/09/2019040901530.html (Accessed: April 9, 2019) (in Korean).

Kim, J. G. (2019b). *What is wood pellets?*, Korea Forest Service, Available at: https://www.forest.go.kr/newkfsweb/html/ HtmlPage.do?pg=/resource/resource_040701.html&mn=KFS_02_01_04_07_01 (Accessed: November 1, 2019) (in Korean).

Kim, N. H., Cha, D. S. and Kwon, G. J. (2009). "Characteristics of the commercial wood pellets." *Journal of Forest and Environmental Science*, Vol. 25, No. 2, pp. 127-130 (in Korean).

Korean Energy Agency, Indicator (2019). *New renewable energy supply statistics*, Available at: http://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4293&clasCd=7,2018 (Accessed: November 1, 2019) (in Korean).

Melzer, E. J. (2010). *Proposed biomass plant: Better than coal?*, The Michigan Messenger, Archived from the original on 2010-02-05.

Popp, J., Lakner, Z., Harangi-Rakos, M. and Fári, M. (2014). "The effect of bioenergy expansion: Food, energy, and environment." *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 32, pp. 559-578.

Use EFB Pellet as Renewable Energy (2015). *Biofuel resource*, Retrieved 16 February 2015, Available at: http://www.altenergy.org/renewables/biomass.html/ (Accessed: November 1, 2019).

Zhang, J. J. and Smith, K. R. (2007). "Household air pollution from coal and biomass fuels in China: Measurements, health impacts, and interventions." *Environmental Health Perspectives*, Vol. 115, No. 6, pp. 848-855.