

국내생산 목재 펠릿의 연소 특성

combustion characteristic of domestic production wood pellet

황진성^{1*}, 오재현², 차두송¹
 (¹강원대학교, ²국립산림과학원)

1. 연구목적

고형 연료로서의 목질 바이오매스의 이용은 목재의 가장 일반적인 이용 형태로서 아직도 개발도상국을 중심으로 세계각지에서 널리 이용되고 있다. 상품화 된 고형연료로는 칩의 형태로의 이용이 일반적이지만, 최근에는 이용편의성 등의 이점 때문에 고밀화 한 펠릿의 이용이 점차 늘고 있다. 오일쇼크가 있었던 1970년대 이후 이들 고밀화 연료가 개발되기 시작한 후 현재 북미와 유럽을 중심으로 가정용 및 산업용으로의 이용량이 꾸준히 증가하고 있으며, 일본에서도 1970년대 오일쇼크 이후 개발된 펠릿연료에 대한 관심이 최근 다시 높아지고 있다. 이들 고밀화 연료를 이용하여 산업용 또는 가정용의 열 생산 외에도 최근에는 열병합발전에 이르기까지 그 규모가 점차 확대되고 있다. 하지만 국내에서는 목재펠릿 등 고체연료 보일러 기술은 유류나 가스를 사용하는 보일러 기술에 비해 상대적으로 낙후되어 있어, 기름보일러나 가스보일러에 버금가는 수준의 신뢰성, 안정성, 편리성 등이 보장되는 목재펠릿보일러 기술이 절실히 요구되고 있지만, 펠릿보일러에 대한 연구나 기술축적이 거의 전무하기 때문에 이에 대한 연구가 필요한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 추후 펠릿보일러 기술개발의 기초자료로서 활용하기 위하여 국내에서 유통되고 있는 8개의 펠릿을 대상으로 각각의 연료별 열효율 및 연소특성을 파악하고자 하였다. 본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호 : S120910L090100)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

2. 연구방법

1) 공시재료

본 실험에 사용된 공시재료는 국내 유통되고 있는 국내생산 목재펠릿 4종류를 대상으로 연소특성을 파악하였으며 일반사항은 다음 표 1과 같다.

표 1. 국내산 펠릿의 일반사항

생산업체	수 중	비 고
A사	대부분 낙엽송	목부, 수피
B사	숲가꾸기 산물	침엽수(리기다, 편백), 활엽수(참나무)
C사	우리나라 나무	목부
D사	소나무	

2) 연소장치

연소실험에 적용된 펠릿보일러는 3pass 형식의 입형 연관구조이며, 건타입 버너 형식의 상부낙하식으로, 유효출열량 20,000kcal/h급 가정용 펠릿보일러를 사용하여 연소시험을 실시하였다.

3) 발열량 측정

펠릿보일러의 유효출열량 및 효율을 직접법으로 측정 분석하기 위해 시험에 사용된 목재펠릿은 열량계를 활용하여 고위발열량을 측정하였으며 측정된 고위발열량은 수분의 증발잠열을 제외한 저위발열량으로 산출하였다. 측정된 발열량은 보일러 효율계산에 적용하였다.

4) 난방출력 및 연소특성 측정

국내에는 아직 펠릿보일러에 대한 인증 및 시험방법이 재정되어 있지 않기에 KS B 8109(가스온수보일러)의 KS B 8101(가스 연소기기의 시험 방법) 규격에서 정하는 대기개방식 난방 성능 시험방법에 따라 난방 출력시험장치를 제작하여 목재펠릿 보일러의 난방출력시험을 실시하였다. 난방출력 시험방법은 별도의 난방출력 시험장치를 그림 1과 같이 설계·제작하여 환수구와 출수구에 K-type 열전대를 설치하였다. 급수조건은 10~25℃로 하여 난방 환수구의 온도가 약 60℃±1℃가 얻어지도록 하고, 유량 조절밸브를 조절하여 환수구와 출수구 온도의 차가 20℃±2℃가 되도록 조절하여 순환펌프를 연속운전하면서 환수구와 출수구의 온도차를 조절하고, 안정된 때부터 시험을 시작하여 1시간 동안 측정하였으며, 다음 식(1)을 이용하여 난방출력을 산출하였다.

$$H = G_h \times C_p \times (th_4 - th_1) \dots\dots\dots \text{식 (1)}$$

여기서, H : 보일러 출력(kW)

G_h : 난방공급수량(kg/h)

C_p : 물의 평균비열 4.18[kJ/(kg · K)]

th_1 : 급수온도(℃),

th_4 : 난방 출구 온도(℃)

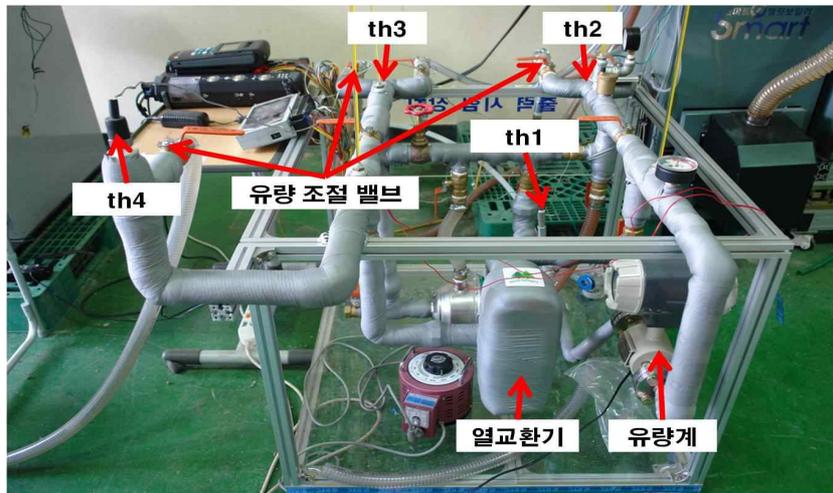


그림 1. 난방출력 시험장치

난방출력 시험과 동시에 연소특성을 알아보기 위하여 연소가스분석기(TESTO Co., 350XL)를 이용하여 실시간으로 O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂, 배기온도 등을 분석하였으며, 실시간 연료사용량 측정을 위해 로드셀로 중량 측정장치를 구성하였다. 모든 데이터는 data logger를 이용하여 실시간으로 모니터링하며 데이터를 수집하였다.



그림 2. 가스분석기와 데이터 로거(좌), 가스분석 프로브(우)

3. 연구결과

발열량 측정결과 대신 D사가 4556.2kcal/kg으로 가장 높은 발열량을 나타냈으며, 다음으로 B사 4469.5kcal/kg, A사 4437.0kcal/kg, C사 4402.5kcal/kg의 순으로 나타났으며, 국내 목재펠릿 품질기준에서 모두 1급 펠릿 이상인 것으로 나타났다.

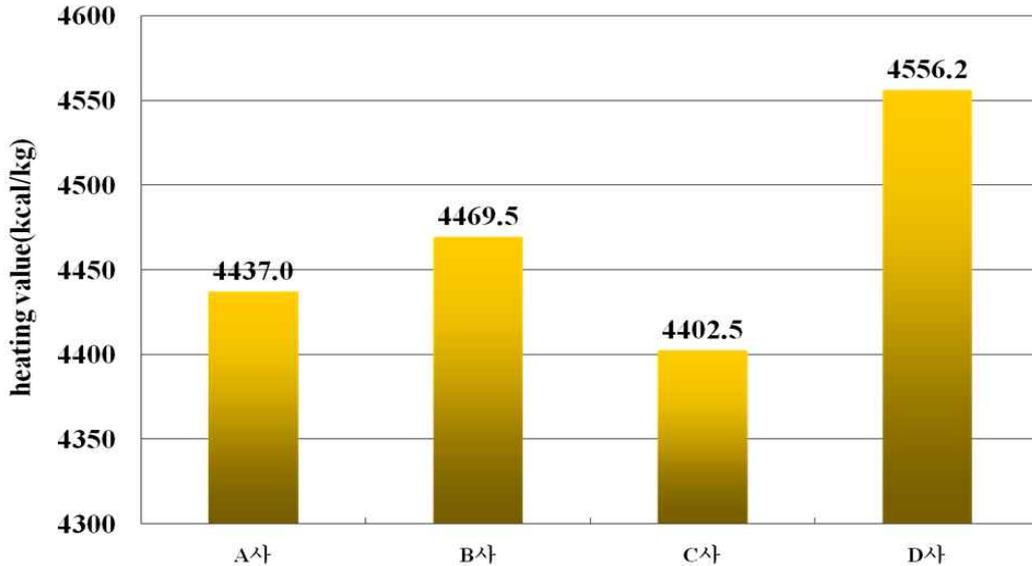


그림 3. 국내유통 펠릿의 발열량

일산화탄소 측정결과 B사의 목재 펠릿이 평균 336.96ppm으로 가장 높은 수치를 나타냈으며, C사 243.93ppm, D사 242.59ppm, A사 228.37ppm으로 측정되었으며, 국내산 펠릿의 경우 간벌부산물 및 제재 부산물 등을 원료로 활용하면서 수피의 함량이 높기 때문에 일산화탄소의 발생이 많은 것으로 사료된다. 질소산화물의 경우 B사와 C사를 제외하곤 모두 배기가스 배출 허용기준치 미만인 것으로 나타났으며, 배기가스의 온도는 120℃ ~ 130℃ 이내에 분포하는 것으로 나타났다.

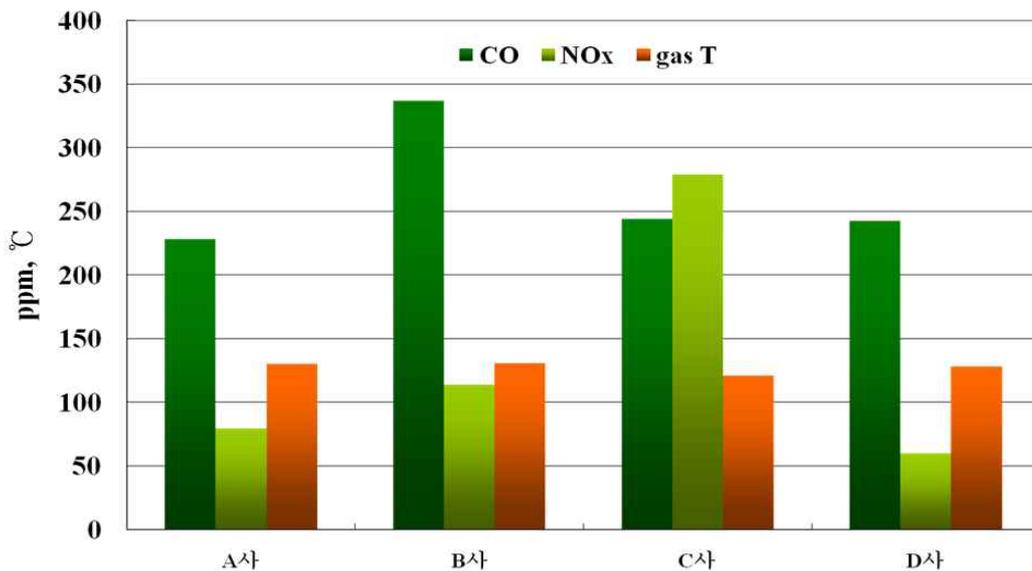


그림 4. 투입 목재펠릿 연료별 난방출력 시험시 CO, NOx 및 배기가스 온도

연소효율의 산출결과 B사가 평균77.22%로 가장 효율이 높은 것으로 나타났으며, D사 75.75%, A사 75.72%, C 75.22% 순으로 높게 나타났으며, 효율산출시 각각의 펠릿의 발열량 실측 데이터와 연료의 투입량에 의해 큰 영향을 받는 것으로 사료된다.

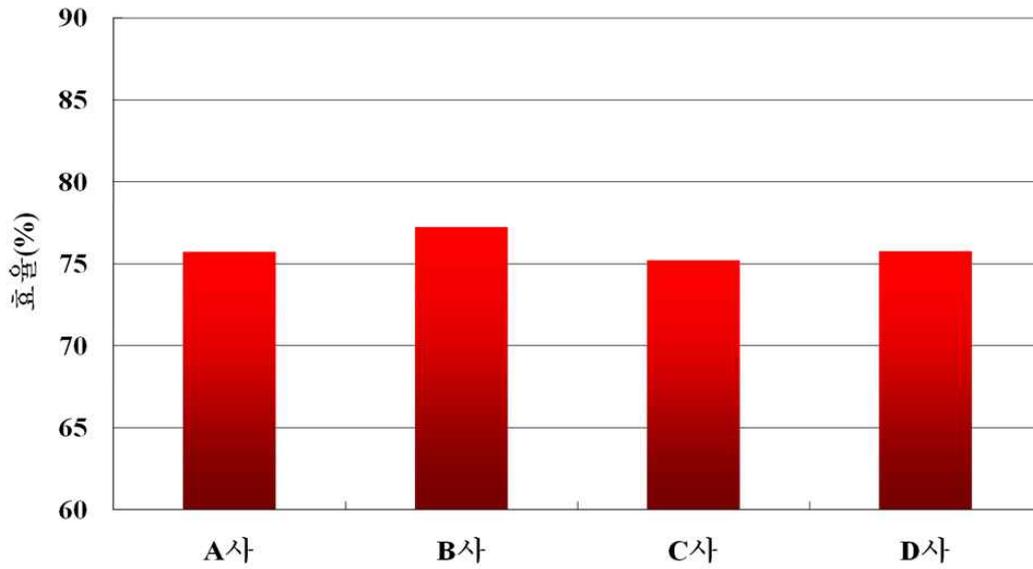


그림 5. 펠릿 종류별 투입 목재펠릿 연료별 난방효율