

エネルギーの変換・輸送特性に着目した木質バイオマス利用暖房のエクセルギー評価
(その2. 蓄熱式薪ヒーター暖房に関する検討)

正会員 高橋 達* 正会員 深田 悠平**

薪 暖房 エクセルギー

1. 研究の背景と目的

木質バイオマスエネルギーを用いた暖房装置の一つとして蓄熱式薪ヒーターがあるが、日本において導入例が少なく、空気循環等を考慮した全館暖房効果について未だ検討されていない。蓄熱式薪ヒーター暖房において、木質バイオマスのもつ化学エネルギーがどのようなエネルギー変換と輸送が効果的暖房になるかもこれまで検討されていない。そこで本研究では数値シミュレーションにより蓄熱式薪ヒーターの暖房効果を確認するとともに、その1.と同様のエクセルギー解析を蓄熱式薪ヒーターについて適用した。

2. 研究方法

図1に蓄熱式薪ヒーターの外形寸法と外観を示す。蓄熱式薪ヒーターは、炉内温度は900℃以上の高温燃焼を可能とし、高温排気に接触した分厚い(55mm)側壁が蓄熱することにより、5~8時間をかけて放熱する無電力バイオマス暖房装置である。

図2に蓄熱式薪ヒーターの発熱スケジュールを示す。数値シミュレーションとエクセルギー解析はその1.と同じ方法とし、ただし、ヒーターの放熱は図1の寸法・熱物性の箱内に図2の内部発熱があると仮定して再現するようにした¹⁾。ただし、最寒日では暖房不足になるため発熱スケジュールとした。地点は山口県下関市、計算暖房期間は11月19日~4月17日とした。なお、図2で最寒日の内部発熱を他より大きくしたのは、暖房効果が不足したためである。

3. 結果と考察

3-1 室内熱環境

図3にペレットヒーター暖房の室温変動を、図4に蓄熱式薪ヒーターの室温変動を示す。いずれの暖房方法も、断熱厚さを2倍にすると室空気温が約2℃高くなっている。また、蓄熱式薪ヒーター暖房では、1階MRTが室空気温よりも0.5~1℃程度高くなっており、放射暖房効果が確認できる。

図5にペレットヒーター暖房と蓄熱式薪ヒーター暖房の快適グローブ温度の頻度分布を示す。リジャルら²⁾によれば快適グローブ温度は、床暖房時が20.2(平均値)±4.6℃(標準偏差)、対流暖房時が20.0(平均値)±4.8℃(標準偏差)である。ここでは平均値±標準偏差×2を個人差を考慮した快適範囲とし、平均値±標準偏差

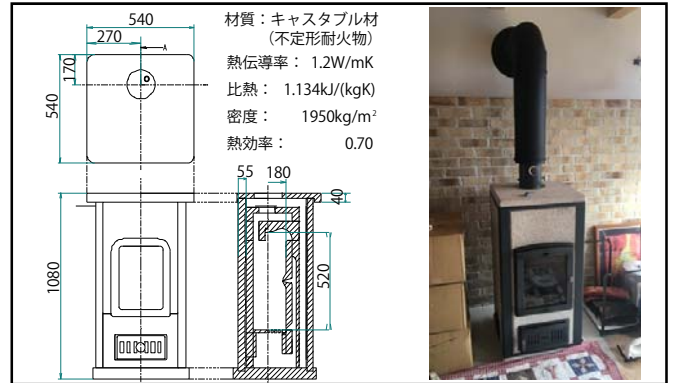


図1 蓄熱式薪ヒーターの外形寸法と外観

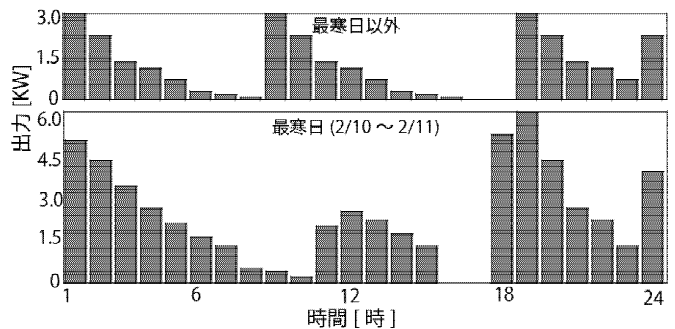


図2 蓄熱式薪ヒーターの炉内発熱スケジュール

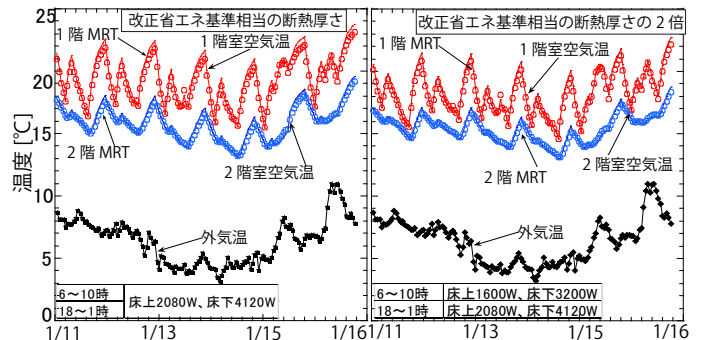


図3 ペレットヒーター暖房におけるリビング室温変動

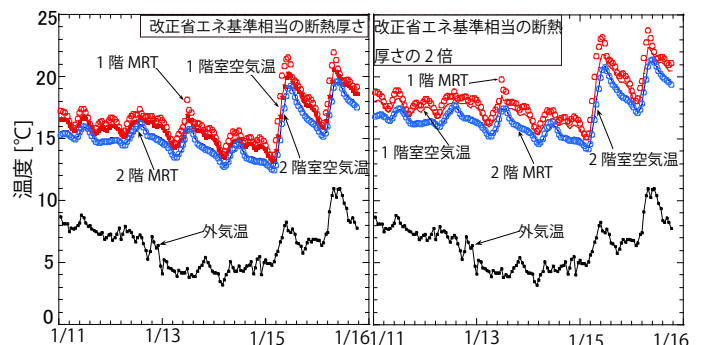


図4 蓄熱式薪ヒーター暖房におけるリビング室温変動

An Exergy Evaluation of Space Heating with Woody Biomass Focusing on Characteristics and Energy Conversion and Transportation

(Part 2. Evaluation of Space Heating with a Small-scaled Masonry Heater)

TAKAHASHI Itaru and FUKADA Yuhei

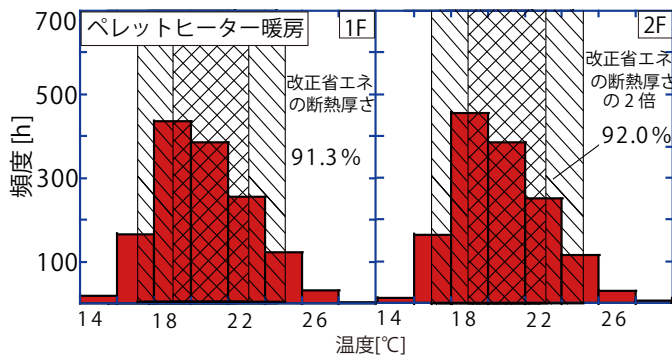


図5 ペレットヒーター利用温風床暖房(左)と蓄熱式薪ヒーター暖房(右)のリビングにおけるグローブ温度頻度分布(暖房期)

を、ばらつきを考慮した快適範囲とする。ペレットヒーター暖房では、標準の断熱厚さで91.3%、断熱厚さを2倍にすると92.0%に割合が増えている。蓄熱式薪ヒーター暖房では、標準断熱厚さで85.3%の時間が快適範囲に入り、2倍の断熱厚さでは88.3%が快適範囲に入る。蓄熱式薪ヒーターは出力の調節が困難なため、過剰暖房の頻度がペレットヒーターより多くなってしまふ。

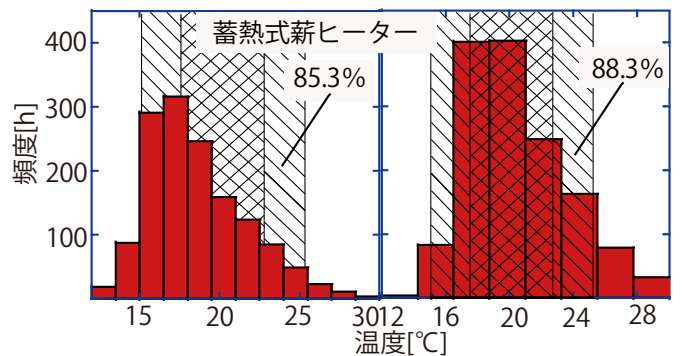
3-2 エクセルギー評価結果

図6 にエクセルギーフローを示す。蓄熱式薪ヒーターは本体からの放射と対流の放熱のみで暖房を行う装置であるため、発電用の化学エクセルギー投入が1-2階循環ファンのためだけに限られ、その1. で示したペレットヒーターの場合の1/10に縮小されている。

図7 に一次投入基準のエクセルギー効率を示す。蓄熱式薪ヒーターの場合、図2の炉内発熱をヒーター熱効率で除した投入エネルギーと薪製造の一次投入エネルギーを用いて計算している。ペレットヒーターでは、稼働していない1~5時が一次投入基準エクセルギー効率の計算対象外である。一次投入基準エクセルギー効率は、蓄熱式薪ヒーターが0.1~0.21になっており、ペレットヒーターの2~3倍になっている。これは、蓄熱式薪ヒーターの方が燃料製造と運用のための一次投入エクセルギーがペレットヒーターより小さく、かつヒーター表面温度50~80°Cでペレットヒーターより高いためである。蓄熱式薪ヒーターで9時以外の炉内発熱(エネルギー)と放射・対流の熱エクセルギーの一次投入基準効率ピークがずれるのは、本体の蓄熱作用と外気温低下による熱エクセルギー増加の結果である。

4. 結論

地点を下関にして研究を行った結果、以下のことがわかった。1) 蓄熱式薪ヒーターとペレットヒーターを用いたいずれの暖房方法も、1、2階居室のグローブ温度が暖房期間の80%以上で15~25°Cの範囲に収まり、快適暖房が実現可能になる。ただし、蓄熱式薪ヒーター暖房では、出力調節が難しいため、過剰暖房



1F 蓄熱式薪ヒーター暖房

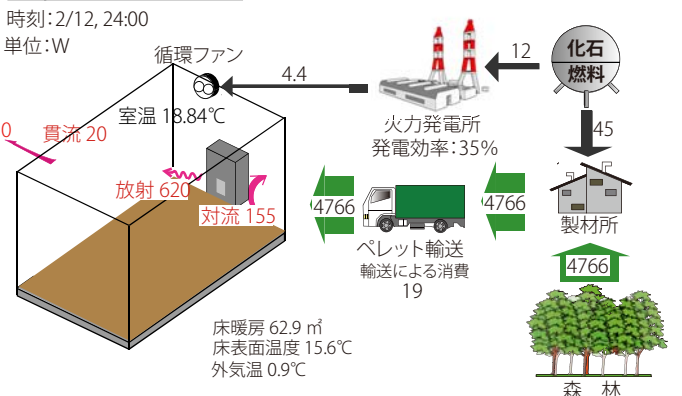


図6 蓄熱式薪ヒーター暖房のエクセルギーフロー

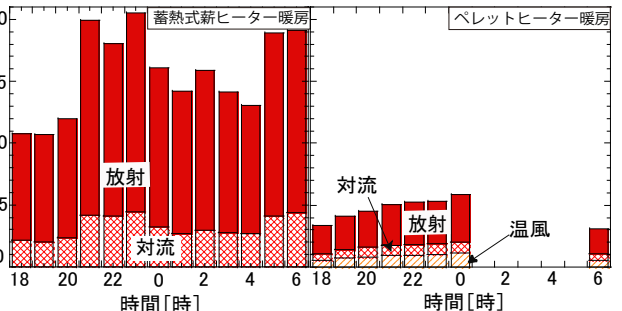


図7 一次投入基準エクセルギー効率 (2/10~2/11)

になることがある。2) 一次投入基準エクセルギー効率は、蓄熱式薪ヒーターが0.1~0.21になっており、ペレットヒーターの2~3倍になっている。これは、蓄熱式薪ヒーターの方が燃料製造と運用のための一次投入エクセルギーがペレットヒーターより小さく、かつヒーター表面温度が高いためである。

謝辞

数値計算において当時東海大学卒論生の石丸桃江さん、坂山知夏さん、藤城拓実さん、吉田優輝さんの寄与は小さくありませんでした。ここに記して謝意を表します。

参考文献

1) 櫻井謙祐・高橋達:蓄熱式薪ヒーターの暖房に関する数値シミュレーション、日本建築学会大会学術講演梗概集、D-2、pp.1233-1234、2014年9月。2) H. B. リジャール・大森敏明:集合住宅における床暖房とエアコン暖房の熱的快適性に関する研究、空気調和・衛生工学会大会学術講演論文集、第6巻、pp.133-136、2013年9月。

* 東海大学工学部 教授・博士 (工学)

** 株式会社一条工務店

* Prof., Faculty of Eng., Tokai Univ., Ph.D.

** Ichijo Co. Ltd.