

平成28年度成果報告書

「バイオマスエネルギーの地域自立システム化実証事業／  
地域自立システム化実証事業」

里山エコリゾートのためのスローテクノロジー統合型の  
地域木質熱利用システムの事業性評価(FS)

平成28年3月

国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構

委託先 株式会社東急リゾートサービス  
学校法人東海大学

## 第4章（エネルギー利用の工夫）

カラマツを利用した蓄熱式薪ヒーターの  
暖房実験・解析

## 4. カラマツを利用した蓄熱式薪ヒーターの暖房実験・解析

### 4-1 既存薪ヒーターとの性能の差異

表4-1に各種薪ストーブ・ヒーターの特性比較を示す。蓄熱式薪ヒーターの特徴は『レンガなど石材や耐火物で出来た本体や壁に配した煙道に薪や石炭などの燃焼ガスを通して、蓄熱し、その熱を室内に出すもの』となる。したがって、蓄熱型薪ヒーター本体の材料は鉄ではなく、石や粘土、レンガ、セラミックなど石材、耐火物である必要がある。これらの材料が他と異なる点は、石材は鉄に比較して熱しにくく冷めにくいことであり、「比熱」という熱物性の数値で評価される。水の比熱に対して鉄の比熱は0.17倍であるのに対して、石材等の素材は0.9倍であり、鉄の約5倍に相当する。したがって、同じ重量のストーブで比較したとしても、一度熱したら冷めにくいことと、蓄熱型薪ストーブの表面温度は概ね100℃以下となり、鋼板や鋳鉄製のストーブの表面温度が200～300℃となることと大きく異なる。耐火物(キャストブル)製の蓄熱型薪ヒーターでは、「柔らかな輻射熱」を長時間放出し続けると言われる所以である。

キャストブル材でできたヒーターはその放熱に独特の「柔らかさ」があると言われている。上述したように金属製ストーブと異なり、表面温度が100℃以下なので、一般的には、蓄熱型薪ストーブ本体による火傷の事故などは起こりのくい。欧州では、ヒーター本体を直に背もたれにして暖まる、ということが住まい方としてごく普通に行われている。

蓄熱式薪ヒーターは、一度熱したら冷めにくい性質を利用して、短時間の加熱、すなわち少量の薪の燃焼で長時間の暖房が可能である。そのことが、薪の消費量の節約につながる。鋼板・鋳鉄製のストーブに比べて薪の消費量は2分の1～3分の1になる例が多いと言われている。実験用に採用したマックスウッド社のMARK-αは数少ない国産蓄熱式薪ヒーターである(国内2社)。短時間で急激な温度上昇を伴う燃焼にも煙道の内層もキャストブルであれば短時間で高温燃焼が可能であるため、これまでの常識に反して、むしろ針葉樹の薪の方が広葉樹よりも適していると言える。蓄熱性(蓄熱容量)はヒーター本体の重量によるところが大きい。最近ヨーロッパを中心に普及している小型軽量の蓄熱型薪ヒーターは、セラミックやソープストーンなどのより比熱の高い材料を使用することによって放熱時間を長引かせている。

表4-1 各種薪ストーブ・ヒーターの特性比較(マックスウッド社提供)

製品タイプ	蓄熱性	大きさ・重さ	デザイン	価格	薪の樹種
鋳鉄・鋳物製薪ストーブ 例) 米国製ダッチウエストコンベクションヒーター	×蓄熱式ではないため燃焼後にすぐに冷める	△ W560×D590×H750 172kg	○クラシックデザイン	△本体価格 420,000円	広葉樹が一般的
蓄熱式薪ヒーター 例) オランダ製ティッケルヒーター4D	○	× W700×D700×H1550 600kg	○モダンデザイン	×本体価格 1,300,000円	樹種を選ばない
メイスンリヒーター 一基づつ手作り	○	× W1400×D800×H1800 1500kg	○自由度が高い	×本体価格 1,500,000円～	樹種を選ばない
MARK 国産	○	△ W550×D550×H750 340kg	○モダンデザイン	△本体価格 オープン価格	樹種を選ばない

蓄熱式薪ヒーターは、燃焼をできるだけ短時間にして、一日に2回～3回の燃焼後には煙突へのダンパーを閉じることにより、煙突からの熱の損失を最小限低減できるため、ダンパーによる排気風量縮小とキャスタブル材の蓄熱によって暖房効率を高めることができる。このことが薪の消費量節約と排気量(排出煤塵、一酸化炭素等ガス)の低減につながり、単に快適な暖房環境のみならず経済性と環境負荷低減までも実現している。図4-1に示すように、マックスウッド社のMARK-αの煙道内の最高温度は1,000℃以上に熱せられる燃焼炉の外側を通る煙道を燃焼ガスが下に向かって通ることにより、煤塵がほとんど燃え尽き、灰となって煙突の手前の煙道の底に落ちる構造となっている。

その構造により、実験では欧米の厳しい大気汚染防止基準以下であった。これら排気の煤塵濃度が低いことと薪の燃焼量が少ないことから、煤塵(PM)排出総量を少なくできるところが、伝統的な(過去の)ストーブと思われがちな蓄熱式薪ヒーターが鋳鉄・鋼板製のストーブよりもはるかに高い性能を示す点である。

以上のことから、蓄熱式薪ヒーターは、快適性、安全性、省薪(省燃費、省エネルギー)性、低環境負荷(低大気汚染負荷)といった長所をもつが、その一方で、蓄熱容量を期待するほど重量が嵩むために、設置場所が限定されることや、一度暖まると温度調整が難しいなどの短所もある。

米国における蓄熱式薪ストーブ(ヒーター)の定義は、アメリカ合衆国にある北米蓄熱式薪ストーブ協会 Masonry Heater Association of North America(以下「MHA」)によると、『蓄熱式薪ストーブ(ヒーター)は、短時間の燃焼で得られる熱エネルギーが蓄熱体に蓄えられ、長時間放熱し続ける。さらに著しくクリーンな薪の燃焼が可能である』となっており、『現場で築造、または組み立てる暖房装置で、固形燃料を焚くために主として石材(耐火物)から成る構造物の中で、断続的な(連続的ではない)燃焼を燃焼炉で急激に行うことにより、その蓄熱体に熱を蓄え、室内にゆっくりと放出するものである。内層も耐火材料(耐火物)から成る燃焼炉と熱交換煙道とから構成されている』とある。この他にも細かい規定があり、以下が示されている。

- ・燃焼炉のドアは燃焼中は高い気密性で密閉できる(開放型暖炉との違いが明確)。
- ・本体の壁厚の平均は25cmを超えない(壁が厚過ぎると焚いてから外表面が暖まるまでに時間がかかり過ぎる)。
- ・通常の運転状態では、外壁の表面温度は、薪を出し入れするドアを除き、110℃を超えない。

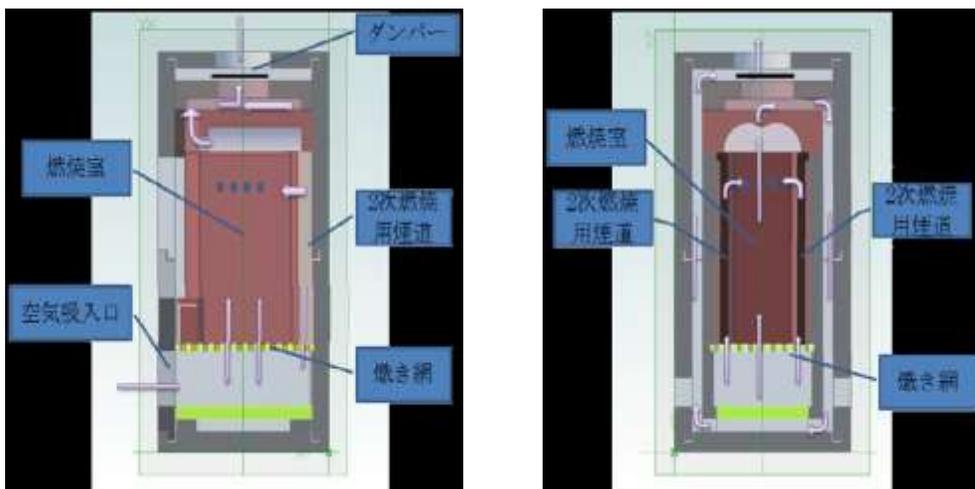


図4-1 蓄熱式薪ヒーターの仕組み(イラスト提供: マックスウッド)

- ・燃焼炉からヒーター(ストーブ)内部の熱交換煙道を通して煙突から出ていく燃焼ガスは必ず1回は180度逆向き(通常上向きから下向き)に流れを変える。  
この過程が燃焼ガス中の煤塵が燃え尽きるまでに必要。
- ・燃焼炉の出口から煙突の入口までの熱交換煙道の長さは、少なくとも燃焼炉の最長寸法の2倍の長さが確保されている。  
熱交換煙道が1000℃前後に熱せられるためには燃焼炉に接する十分な面積を確保する必要があるため、もし短ければ煤塵が燃え尽きないまま煙突から出ていく可能性がある。

欧州の蓄熱型薪ストーブ(ヒーター)の定義は2007年に定められたEN15250である。ここでは薪ストーブの規格として「焚き続ける必要がない」ストーブについて定義している。「焚き続けない」ことはMHAの定義にもあるが、ENでは重量や具体的な煙道の構造などは問題にしていない。EN15250によれば、「焚き続ける必要がない薪ストーブ」は、『ストーブ本体の40箇所で測定する平均のストーブ表面温度が、薪を一定量入れて足さずに焚き始めてから最高温度に達し、次に最高温度からその50%に落ちるまでの時間が4時間以上なければならない』としている。つまり、少ない薪で長時間ゆっくりと放熱する性能が保障されている蓄熱型薪ストーブ(ヒーター)を「差別化」して定義している。マックスウッド社のMARK-αは蓄熱式薪ヒーターとしての定義に適っている。

鉄の箱を石材の板で囲んだような「見た目だけの蓄熱型薪ストーブ」EN13240も近年出ているが、大気負荷に着目すると、EN15250規格のストーブ(ヒーター)は抜きんできて優れた性能にある。

また、薪ストーブの表面温度のゆるやかな温度変化を規定しているのは、快適性を与えるような発熱量は鋼板や鋳鉄製のストーブで一般的な5~10kWであるが、それよりずっと低い0.5~3kW前後の蓄熱型ストーブ(ヒーター)の快適性と鋼板・鋳鉄製ストーブのジリジリと焼かれるような過剰な輻射熱は、スイスのトンベルク(TONWERK)社はオーバーヒート領域と表現している。

これからの日本の薪ストーブの方向性は以上のように今後の薪ストーブの供給や導入を考える上で、伝統的な蓄熱型薪ストーブの歴史の上に立って今なお研究開発に邁進している北欧や中欧の薪ストーブのコンセプトや技術レベルに注視しながら、PM等大気汚染への影響がより少ない、そして心地よい暖かさをより少ない薪で実現できる、高価ではない蓄熱型薪ストーブ(ヒーター)を実現し普及させる必要があると考えられる。

冬が長く寒さが厳しい北日本や高標高地域においては、快適性や薪の消費量を考えれば、蓄熱容量の大きな重量のあるヒーターが必要だが、本州の一般的な高気密・高断熱の住宅なら、例えばマックスウッド社のMARK-aで十分対応できることが確認されつつある(坂山知夏・藤城拓実:戸建住宅における蓄熱式薪ヒーターを利用した全館暖房の研究、2016年度東海大学建築学科卒業論文、2017年3月)。

#### 4-2 自然エネルギー利用装置としての木質バイオマスヒーター

暖房用の自然のポテンシャルとしては、日射、地中熱、木質バイオマスがよく挙げられる。日射利用の例としては、太陽熱利用外気集熱型ソーラーハウスであるOMソーラーが全国展開されている。ソーラーハウスの欠点は、日射熱を取得できない悪天候時に化石燃料を用いたアクティブ型の補助暖房設備が必要となることにある。また、地中熱利用の例として、地中熱利用ヒートポンプが注目されつつあるが、現在のわが国では導入費用が著しく高額なわりには、化石エネルギー使用の削減率が際立って大きいとは言えない。