バイオマスエネルギーストーブのデザインと開発

赤沼　潔*　　森田　守*　　平原　太慶夫**

Stove design and its development by biomass energy

AKANUMA Kiyoshi,　MORITA Mamoru　and　HIRAHARA　Takeo

抄録

木質バイオマスエネルギーの典型であり、また、日本古来より使われ続けてきた「木炭」を燃料とするストーブのデザインを含めた開発を目的とし、ストーブ構造だけで木炭による高温連続燃焼を可能にした技術を基に1号機、2号機2種類のプロトタイプの製作を実施したので報告する。

１　緒言

我が国におけるストーブの燃料は、薪、石炭、コークス、合成石炭燃料、石油、ガス、電気等があげられるが、最近では、省力化、ワンタッチ、オートマチック志向が強いため、燃料の供給、コントロール、自動化等が容易にできる石油ストーブの需要が圧倒的に多い。ただし、欧米では、室内装飾品としての価値も含め、薪、石炭ストーブは根強い人気があり、日本では欧米スタイルの住宅の増加に伴い、現在は薪ストーブの需要もだいぶ増えてきている。この事業では、この薪ストーブと重なる部分が多いと思われるが、木炭を燃料とするストーブの開発が目的である。木炭は、脱臭、除湿、土壌改良、融雪等にも現在は使用されているが、本来の燃料として使われる場合は、火鉢、囲炉裏、調理用等であり、ストーブの主燃料として使われることはほとんどなかった。そこで既存技術にはない、ストーブ構造だけで高温連続燃焼を可能とする機能を持つストーブの開発を行った。また、このストーブの燃焼炎は、非常に魅力的なものであり、その効果を最大限に生かし、日本の住空間に適応しながら和をテーマとした新たなライフワークツールとしてのバイオマスエネルギーストーブのデザイン開発、試作製作を実施した。

＊長岡造形大学
＊＊(有)暖談森社

２　事業実施方法

２．１　試作担当者

２．１．１

赤沼　潔　　長岡造形大学教授
基礎調査、デザイン開発、試作開発

森田　守　長岡造形大学教授　デザインセンター長
基礎調査、意匠関連、評価

平原　太慶夫　（有）暖談森杜
燃焼構造設計、試作開発、燃焼試験

２．２　試作内容

２．２．１　試作

（株）ファンドリー　燕市長所１０３１
本体鋳造、アッセンブリー、総合製作

（株）アルモ　　長岡市大荒戸６６－６

２．２．２　実験　　長岡造形大学鋳金工房　長岡市宮関町１９７燃焼実験、CO、空気量検査

２．３　試作期間

平成１３年7月1日～平成１４年3月２０日

３　事業の内容

申請者を中心に、意匠権に習熟している指導者、木炭の燃焼構造の研究をしている者、鋳造、機械加工に定評のあるメーカー、精度の高い木型メーカーが加わって、操作が簡単で安全性が高く、木炭が高温で燃焼維持できる装置を考案し、それをもとに日本独自の懐かしさを感じさせる魅力的な外観をもつストーブの設計試作まで一貫して行った。よりリアリティのある製品に近づける詳細な検討は今後の課題である。木炭を高温で燃焼する装置を確立し、そこで発生する燃焼炎の美しさを

魅力的に鑑賞できるスタイルのストーブを製作したいと考えた。外観は、貯炭式の構造のため、縦長のプロポーションとなる。また、ストーブの視覚的処理としては、心の平穏（癒し）を誘う魅力的形体を根底におき、日本の住空間に適応し、新たなライフワークツールとしての内容を充実させた。

３．１　事業の重要箇所または特色

古来より日本では、いろりや火鉢などで木炭を燃料として暖をとってきた。現在では、電気、ガス、石油に切り替わり木炭の役割は普段の生活からは消え、バーベキューや業務用として、または消臭剤のような別の用途での使われ方をしている。木炭の製造技術において日本は世界一であるが、その技術を海外へ広めたために、安価な木炭が大量に輸入されることとなり、全体の消費量が低下している上に品質は良いが価格の高い国内で生産された木炭は苦戦をしいられているのが現状である。このような状況の中でバイオマスエネルギーとして木炭を燃料とした燃焼技術が新しく展開された。国産の木炭製造で発生する端材（クズ炭）を利用し、送風機などの電気エネルギーは一切使用しないで、燃焼構造だけで1、000℃以上の温度を保持できるものである。これまで木炭は、あまり高温は保てない燃料とされ、ストーブへの応用は試みられていたが、良い結果は得られなかった。これは、高温での燃焼を確立できなかったためである。ヨーロッパ、アメリカ、カナダなどでは薪・チップ・ペレットなどの燃料を使用したストーブがほとんどで木炭ストーブは見当たらない。日本独自のものであると考えられる。また、木炭を燃料として使用するストーブを開発することの利点は次のようなことが挙げられる。

- ここ数年間で地球温暖化防止など地球環境の保全を考える上でバイオマスエネルギーとしての木質系燃料が見直され、太陽エネルギーのリサイクルとして注目を集めるようになったこと。
- 今でも高級料理店や旅館では炭火のいろりや火鉢があるが、一般家庭では昭和３０年代で姿を消し始め、現在ではまったくといって良いほど姿を消している。ところが、最近輸入薪ストーブが家庭に入り始めたが、煙や煙の臭い、煤が飛んできては困るとの近隣のトラブルの原因となっている。そこで煙や臭い、煤のでない木炭ストーブは、密集した居住を形成している日本社会においては有望であると考えられる。
- ヨーロッパでは、今でも長い歴史の教訓と生活防衛の目的から、インフラがいつ切断されても生活できるように木質燃料の調理暖房機器が大切に使われている。

このような内容が考えられるが、この木炭の消費によって木炭関連の産業の活性化、また、その原料となる間伐材や雑木の処理によって里山や森林の整備が促進され、自然の循環の再生もはかれることは特に重要な点である。

３．２　ストーブの構造

本体構造は、以前日本で普及した貯炭式ストーブ（石炭を燃料としたもの）を参考とし、貯炭筒の部分を改良したものである。中心部に逆ロート型ロストル（火格子）を吊り下げることで炭が滑らかに落下できるようにし、また対流を起こさせることによって炭が燃えることで貯炭筒があたためられ、熱い炭を燃焼部に供給し続ける構造になっている。燃焼部は耐火断熱レンガを使用し、熱が貯えられる配慮をしている。また上部には、中間部と煙突接合部に触媒を配し、２次、３次燃焼をおこし、暖められた空気を供給できるようにしており、安定した燃焼を実現した。

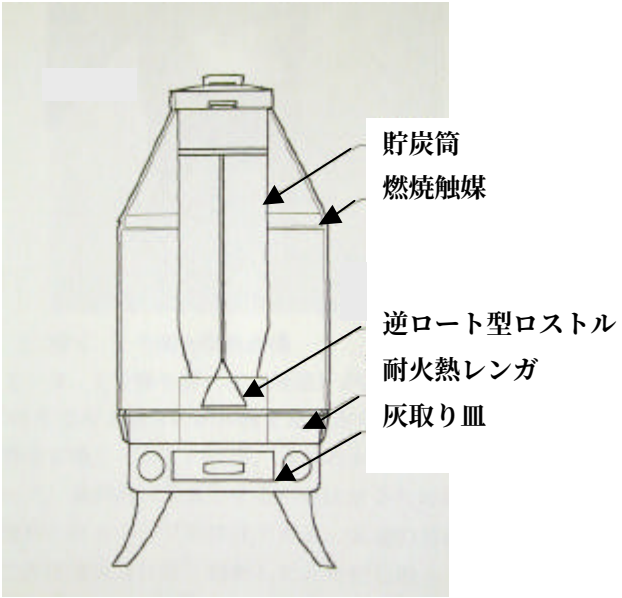

図１　断面図

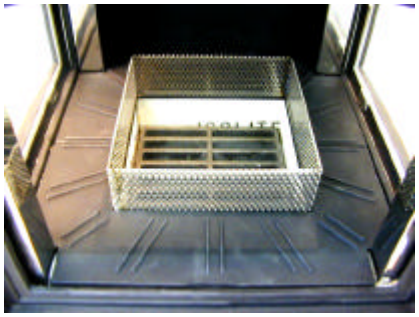

図２　燃焼部

図３　触媒

３．２．１　　１号機２号機のプロトタイプの実作

１月中旬より、鉄板製、鋳物製の二度の試作のもとに実作にはいった。当初、家庭用と業務用といったくくりの中で展開したが現実的ではない点から、１号機２号機の２種のバリエーション展開とすることとした。鋳造も量産と技術的面でクリアしている企業で実施した。

図４　１号機完成機(黒)

図５　２号機完成機(赤茶)

デザイン面での開発で重要と考えた点は、まず日本の住宅に適応できるものであることとストーブ自体が魅力的なことである。ストーブ本体は、耐熱素材でなければならないが鋳物以外でも製造は可能である。ただし、新潟県の産業を考えるとセラミック等ではなく、鋳造業をベースとして展開することが理想的であると判断した。新潟県の鋳造関連企業は、景観鋳物等の展開をしている企業もあるが、工業鋳物系で工作機械関連の部品の製造が主である。安定した品質で製造されているが、視覚的に非常に大切である鋳肌については、あまり配慮されていないことが多い。この面は、岩手県の南部鉄器の製造とはだいぶ意識が違ってみられた。今回の開発では、この鋳肌が、ストーブの魅力を大きく左右するのでだいぶ神経を使った。また、この鋳肌をひきだして鋳鉄の存在感をただの地金から重厚感のあるものへ変換することを試みた。次に、日本で使用されている薪ストーブに多く見られるが、洋風の住宅以外では、借り物のような違和感があるのが現状である。その点も考慮し、「和」にも対応できるスタイリングを試みた。貯炭式の構造面から縦長のプロポーションは変更できないのでそれを生かせる構成とした。結果的には、床面の設置面積が、薪ストーブと比較すると半分ぐらいになり、非常にコンパクトで、日本の住宅事情にも適応している。形態的には、100ｋｇ以上あ

るものなので圧迫感を与えないように配慮した。特に脚部は、全体を軽快に感じさせることと同時にシャープで安定感を与えられるように形を処理した。窓部のガラス面もできるだけ大きくとり、炎の美しさを十分に鑑賞できるように設計した。ストーブの上部は、1号機、2号機それぞれに展開したが、統一感がありながら違った印象を与えるように配慮し、イメージを固めた。1号機は、南部鉄器の霰模様も参考にしているが、日本の古来の印象をベースに考え、上の形状を絞り込み下部とのつながりをスムーズにした。2号機は、ボリュウム感を大切にし、親しみを感じさせる文様として、植物の形状のレリーフを全体が貧弱にならないように配した。取っ手部は、温かみを感じさせる真鍮素材を使用し、形態は、やけど防止などを配慮しながら、ストーブ全体のアクセントになるよう製作した。

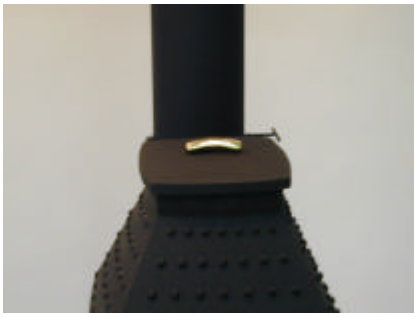

図６　1号機上部

図７　2号機上部装飾

図８　2号機脚部

3度目の一酸化炭素測定、燃焼試験を下記のとおり実施した。

・測定年月日　　平成14年2月21日
・測定方法　　一酸化炭素：　非分散型赤外線吸収法
　　二酸化炭素：　非分散型赤外線吸収法
　　酸素　　：　ジルコニア方式
　　流速　　：　アネモマスター流速計
・測定結果　　下表のとおり。

表１　測定結果一覧

測定結果一覧

条測件定						
	前面空気取入口	全開		全開		炭投入後
	裏面空気取入口	全開	全開		1/2開	
測定項目	CO (ppm)	510 ～ 520	350 ～ 390	450 ～ 700	500 ～ 660	400 ～ 750
	CO_2 (%)	10.2 ～ 11.3	9.8 ～ 10.3	9.4 ～ 10.6	9.3 ～ 11.5	10.7 ～ 11.5
	O_2 (%)	9.3 ～ 10.3	10.1 ～ 10.6	9.8 ～ 11.3	9.0 ～ 11.4	9.0 ～ 9.8
	排ガス温度(℃)	-	-	-	-	271
	排ガス水分(%)	-	-	-	-	2.5
	空気吸引流速(m/s)	2.0	-	-	4.5	-
	空気吸引流量(m^3N/h)	11	-	-	25	-

・考察　　上記測定結果より、排ガス濃度はＣＯ350～750ｐｐｍ、ＣＯ９、３～11、5%、Ｏ９、０～11、4%の範囲であり、空気取り入れ口を替えても比較的に安定した結果が得られた。また、炭投入後もＣＯの増加は見られず、良好な燃焼状態が確認された。

３．２　木炭ストーブの仕様

今回製作した木炭ストーブプロトタイプの仕様は下記のとおりである。

・材質　ストーブ本体　　鋳鉄（ＦＣＤ４５０；耐熱性、強度、加工性、熱変形の少なさ）
燃焼部　　耐火断熱レンガ（炭の燃焼部の保温）
貯炭筒　　ステンレススチール（ＳＵＳ３０４；耐蝕性、熱変形の少なさ）
ロストル　　同上
燃焼部フェンス　　同上（パンチングメタル；視覚効果、炎の確認）
窓部パネル３パーツ　　耐熱セラミックガラス（３００℃耐熱、上部曲面カット）
燃焼触媒５パーツ　　カルシウムアルミネイト

（2 次燃焼部長方形 4 個、3 次燃焼円形 1 個）
取っ手部３パーツ　　真鍮（ＹＢＳＣ３；視覚効果、加工性の良さ）

- 寸法　１号機　幅４００mm　奥行き５５０mm　高さ８５０mm
  ２号機　幅４００mm　奥行き５５０mm　高さ９００mm
- 重量　１号機　１０５ｋｇ　　２号機　１１１ｋｇ
- 本体色　黒、赤茶（耐熱塗料 600℃まで）
- 貯炭筒容量　６　（炭約４ｋｇ）
  - 最大燃焼時間　8 時間（くず炭使用；最大で 8 時間であるが、炭の種類により時間は短くなる）
- 燃料　くず炭（３ｃｍ以内の粒度であれば可　種類は基本的には選ばないが白炭が最良　輸入炭等では煙が多く発生し煙突内部の汚れ触媒の劣化が進む）
- 暖房面積　17～22 坪

図９貯炭筒中蓋

図 10　灰取皿

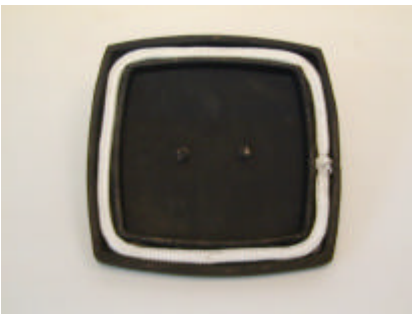

図 11　上蓋裏面ガスケット

４　研究の成果

今回の研究で 1 号機 2 種、２号機 2 種の 4 台のプロトタイプの製作が実現できた。木炭を燃料とした燃焼構造をもつストーブのデザインと開発を行なってきたが、今回の研究での成果をまとめると次のとおりである。

①日本独自のストーブの開発

木炭燃料による鋳物製のストーブの開発を実現した。なぜ鋳物なのかといった点は先にも述べたが、熱に対して堅牢であることと量産に適していることが挙げられる。今回のデザインの開発ではこの他に特に鋳肌の効果を重要視した。デザインする上で基本としたことは、日本の住宅に適応することであった。日本人の潜在意識の中にある金属の風合い、テクスチャーといったものを端的に呼び起こせるものは、南部鉄器や茶釜の鉄の鋳造による肌合いと判断した。輸入した薪ストーブにも美しい鋳肌のストーブは多い。しかし、日本のものとは一味違うものである。鋳肌の効果を考え、その効果を引き出した。また、全体のスタイリングについては貯炭式であるため、縦型の大きな構成は変更できないのでその点を生かした。サイズ的にもある程度の燃焼温度を確保できていたのでコンパクトな方向で展開した。全体的には、「和」を感じさせながら日本独自のオブジェとしての魅力も備えたストーブの開発成果を得た。

②魅力的な炎の獲得

木炭ストーブで燃焼させた時の炎の美しさはある程度確認していたが、今回のストーブでも効果的に見せられるかといったことが大きな課題であった。炎を発生させる問題点としては、燃焼スペース、燃焼部の炭の量、燃焼部に送る空気量のバランスが挙げられるが、各試作機において少しず

つ改良を加え、魅力的な炎を発生させることに成功した。また、ストーブの窓のパネル部も外観と炎の関係を特に意識して構造面でゆるせるぎりぎりのところで展開した。この窓部は 3 面パネルにすることによりいろいろな角度から鑑賞できる構造とし、室内での設置場所に選択の幅をもたせた。

③バイオマスエネルギーの消費のツールの確立

木質系バイオマスエネルギーは現在多方面で研究されているが、今回の研究の重要な燃料である炭は、日本の伝統的燃料であり、燃焼による公害も少なく、自然のエネルギーとしては価値の高いものである。ただし日本では、昭和三十年以降の経済成長により、木炭生産量は、年間約 200 万トン、現在は、3 万 5 千トンまで減少し、最盛期のころの約 1.７％となってしまっているのが現状である。これもやはり安価な中東石油が大量に輸入されたエネルギー革命の結果である。だが、このエネルギー革命により、地球の温暖化が促進され危機感はより強くなり、より一層バイオマスエネルギーに対する期待が大きくなってきた。そこで、あらためてこの木質燃料の中では最もエネルギー密度が高い燃料である炭に着目し開発したものが今回の研究である。日本の炭づくりは品質、生産効率とも世界一であるが、消費する方法が限られており、そのひとつのツールとしてこの木炭ストーブの開発にあたったが、煙が出ない、燃料を蓄えるスペースがあまりいらないなど住宅密集地に対応できるため、今後普及を図れれば木炭の消費ツールとして効果は大きい。また、炭化炉を使用して間伐材を炭化させ燃料とすることにより、里山や森林の整備につながる効果が出ると期待される。

5　まとめ

日本の生活風土に根ざした独創的な木炭ストーブを開発することにより、新たな生活スタイルの提供ができる。家族のコミュニケーションツールとしての役割は大きく、業務用として店舗等で使用する場合も同様である。スタイリングの魅力、炎の魔力、健康面や環境面への良好な影響等をとおして存分にストーブライフを楽しめる「日本のストーブ」という文化を創出していくことができると考える。また、海外においても日本を感じさせるデザインのこのストーブはオリジナリティーがあり評価されるものであると思える。今回の開発にあたっては、県内産業にもたらす効果を考え、県内での展開を心がけた。金属関連企業との連携が多かったが、現在の不況の中でもたくましいプロダクト精神を発揮しており、また、技術力特に習熟した手業のレベルの高さに感服した。ただし、後継者の問題、経営的問題等どの企業も抱えており、今回の開発がその一助になることを願うものである。また、この研究において成果物は提出できたが商品化までは、生産性、市場性、マーケティング等これから多方面で展開していかなければならない課題は多く、継続して研究を続ける必要性がある。