木質ペレット燃料の着火特性 Ignition Characteristics of Woody Pellet Fuel

○ 山口 績 (岩大院) 正 北野 三千雄 (岩手大) 正 藤田 尚毅 (岩手大) 金子昌晴 (岩手大)

Isao Yamaguchi, Iwate University, 4-3-5 Ueda, Morioka, 020-8551

Michio Kitano, Naotake Fujita and Masaharu Kaneko, Iwate University

Key Words: Woody Pellet, Ignition Characteristics, Density

1. 緒言

近い将来枯渇する心配がある化石燃料の代替燃料の一つとして、バイオマス燃料(エネルギー)が注目されているが、バイオマスの基本的な燃焼の挙動、熱分解は未だ十分には解明されていない。

本研究では、木質バイオマスを用いたペレット燃料の着火特性を調べるために、ホワイトペレット(スギ、ヒノキの心材)、パークペレット(スギ樹皮)を様々な時間で乾燥させ、実際の使用条件に近い加熱面上に置いたときの着火遅れ時間を測定した。併せてペレットの熱重量分析を行い、熱分解挙動についての調査も行うことで、木質ペレット燃料の着火についての基礎的知見を得ることを目的とする。

2. 実験方法

本実験で用いた装置を図1に示す。

Fig.1 Experimental apparatus.

図1に木質ペレットの着火特性を調べるための装置を示す。ガスバーナでステンレスの円盤(直径45mm, 厚さ5mm)を加熱し、その上にペレットを横置き、縦置きと区別して置き、着火までの様子を調べた。バーナによる火炎と熱が円盤上に回り込まないように、周りに断熱材のカバーを設けた。ここで、横置きとは、ペレットの軸方向がステンレス円盤に平行になる様な置き方であり、縦置きとは、ペレットの軸方向がステンレス円盤に垂直になる様な置き方である。

加熱したステンレス円盤の中心部の温度を熱電対(シースタイプ, K型)で測定し、これを加熱面温度とした。温度は供給混合気の当量比を変えるか、ステンレス円盤を上下させて調節し、700℃から775℃まで25℃刻みで測定した。

試料としてホワイトペレット(スギ、ヒノキの心材)、パークペレット(スギ樹皮)を使用した。直径は、スギ心材・樹皮共に6.5mm, ヒノキ心材は6mmであり、長さを10mm, 15mm, 20mmに調節した。乾燥を行う場合は、マントルヒーターで100℃に加熱、保温されている真ちゅう製の乾燥容器内で乾燥を行った。

3. 実験結果及び考察

3.1 乾燥がペレット密度に及ぼす影響

ペレットの重量は、乾燥時間についてスギ心材と樹皮では30分、ヒノキ心材では45分まで大きく減少し、その後緩やかに減少していく。よって、それまでの乾燥でほぼ水分が蒸発していると考えられる。一方、ペレットは乾燥によって体

積変化が起こる。図2は、測定された重量、体積から算出したペレットの密度(かさ密度=重量/体積)の乾燥時間による変化を示す。

注目すべきは密度変化に最小値が見られたことである。この理由は、最小となる乾燥時間までに重量減少がほぼ終了しているのに対して、ペレットの収縮がその後も続き、重量があまり変化しないのに体積が減少しているためである。

Fig.2 Relationship between drying time and density

3.2 着火特性

ペレットの燃焼は、発煙反応、赤熱反応、着火、有炎燃焼、消炎、そして燃え尽きるというように進行していく。赤熱燃焼部分から供給される可燃性ガスと雰囲気中にある酸素が燃焼反応を起こし有炎燃焼を生じる。この火炎から発生した熱の一部が赤熱燃焼部分へ供給され、未燃部分が予熱され熱分解や蒸発を起こす。これによって生じた可燃性ガスが火炎に供給され有炎燃焼の継続を助ける。このように有炎燃焼と赤熱燃焼の間には、非常に密接な関係がある。

乾燥時間やペレットの長さを変えて行った着火実験において、着火する場合とそうでない場合が確認できた。以下の図に示すのは、測定した全ての乾燥時間、ペレット長さに対して着火した時の最低試験温度における結果であるが、スギ、ヒノキ心材、スギ樹皮について、それぞれの横置きでは750℃, 700℃, 775℃, 縦置きでは725℃, 725℃, 750℃であった。

3.2.1 スギ心材及びヒノキ心材

図3, 4にスギ心材及びヒノキ心材における横置き、縦置きでの着火実験の結果を示す。基本的に、乾燥時間が長くなれば着火時間も短くなる傾向にあった。元々木質ペレットは製造過程において含水率を低く(8~13%)抑えてあり、他の木材チップなどに比べ着火し易くなっている。しかし、貯蔵している間に余分な水分を含んでしまう事は避けられない。乾燥することでこの余分な水分を蒸発させたため、着火時間が低くなったものと考えられる。

横置きに注目すると、スギ、ヒノキ共にペレットの長さによって着火時間に差は見られなかった。横置きの場合、ペレットが長くなっても単位体積当たりに入力する熱量は変わらず、各長さにおいて同様の熱供給状態にあったと考えられる。そのため、ペレットの長さによらず着火時間はあまり変わらなかったものと思われる。

これに対し、縦置きの場合10mm, 15mm, 20mmと長く

なるにつれて、着火時間が長くなる傾向が見られた。ペレットを縦置きにすると、加熱される面積は長さによらず一定になる。よってペレットが長くなると、単位体積あたりに流入する熱量が減少するために、熱容量が大きな順に着火時間が長くなったものと思われる。

また乾燥時間に注目すると、3. 1において密度が最小値をとった乾燥時間付近で、着火時間が最小となる傾向が見られた。密度が小さければ、ペレット表面および内部の空隙部が多いといえる。そのため、実質の表面積も増加し、酸素の供給量も増え、反応の進行も促進されやすくなったため、密度が最小となる乾燥時間において、着火時間も早くなったと考えられる。しかしながら、図2の樹種間の密度を比較すると、スギ樹皮は密度が低い、後述する様に着火性は最も低いことから密度が低いからといって着火し易いとは必ずしも言えない。これについては熱重量分析の結果から言及する。

Fig.3 Results of ignition experiment on cedar heartwood

Fig.4 Results of ignition experiment on cypress heartwood

3. 2. 2 スギ樹皮

Fig.5 Results of ignition experiment on cedar bark

図5にスギ樹皮における縦置き、横置きでの着火実験の結果を示す。スギ樹皮については、スギ、ヒノキ心材で見られた乾燥時間やペレットの長さに関する傾向は出なかった。樹皮は、心材に比べ主成分以外の副成分が比較的多く、燃焼した後の灰分が多いのが大きな特徴である。また、ペレットを形成している木材の粒度も大きいものであった。これらの理由から、樹皮は心材のような比較的安定した燃焼が得られなかったと考えられる。

3. 3 熱重量分析

図6にスギ、ヒノキ心材、スギ樹皮の熱重量分析の結果を示す。重量減少速度DTGに着目すると、そのピークはヒノキ心材、スギ心材、スギ樹皮の順で速いことが分かった。3. 2で述べているように、全ての条件で着火する温度から判断すると、ヒノキ心材、スギ心材、スギ樹皮の順に着火し易いことが分かる。重量減少は可燃ガスの放出に直接繋がる。よって、可燃ガス放出速度、即ち単位時間での放出量が多いと着火し易い状況を作り出すと思われる。

また、横置きと縦置きを比較した時、スギ心材、樹皮については縦置きでの最低着火温度が低くなり、ヒノキ心材では高くなることが分かった。着火に至るためには、可燃ガス供給と熱エネルギー供給の両方が十分に行われる必要がある。実験において、縦置きは横置きよりも、有炎燃焼を生じなかった時の燃え尽きるまでの時間が長い結果となった。従って縦置きの方が流入熱量は低いと考えられる。そのために、可燃ガス放出量が多いヒノキ心材では、赤熱燃焼部から着火に必要な熱エネルギーが供給される前に、ペレット内部に残留する揮発分が少なくなってしまう、十分な可燃ガスの供給が出来ない状況になったと考えられる。

揮発分の残留量や赤熱燃焼の進行は、ペレットの初期状態や赤熱燃焼開始までの時間に左右される。つまり乾燥時間や密度、水分など多くの要因に影響されると考えられる。

これらのことにより着火の特性は、赤熱燃焼開始までの時間とその時間における揮発分の残留量が大きく関わっていると考えられる。

Fig.6 Results of Thermogravimetric Analysis

4. 結言

木質ペレット燃料の燃焼実験において、以下のような結論を得た。

1. 単純に長時間乾燥させれば着火時間が短くなるとは限らない。
2. 一般的に可燃ガス放出量が多ければ着火し易い。

参考文献

1. 鈴木正太郎, 日本機械学会誌 第46巻138号(2004), 217-223
2. 式又貴文, 木質ペレット燃料の燃焼, 岩手大学大学院, 修士論文(H16年度)