

北海道産木質バイオマスを原料とした ペレット燃料の燃料特性

山田 敦

Fuel Characteristic of Pellet Fuel from Woody Biomass in Hokkaido

Atsushi YAMADA

Sawdust and bark from factory waste, branches with leaves from forest residues, and mixture of charcoal and bark (weight ratio 1:1) were used as the raw materials of pellet fuel. Changes of moisture content caused by pelletizing and the relationship between the apparent specific gravity and bulk density of pellets were investigated. After air drying indoors, the gross calorific values and the proximate analysis values were measured.

The gross calorific values were in the range from 19.7 to 26.8MJ/kg, and mixture of charcoal and bark showed the highest value. Moisture content was 7.4 - 9.3% in the air-dried. As for the ash content, bark had the highest value (6.0%). This value was about 20 times that of sawdust (0.3%).

Key words: woody biomass, pellet fuel, factory waste wood, forest residues
木質バイオマス, ペレット燃料, 工場廃材, 林地残材

工場廃材としてのおが粉とバーク(樹皮), 林地残材としての葉付枝条, および木炭とバークの混合物(重量比1:1)を木質ペレット燃料の原料とした。ペレット化による水分の変化, 見掛け密度とかさ密度の関係を明らかにした。室内で乾燥後, 総発熱量および工業分析値を測定した。

総発熱量は19.7~26.8MJ/kgの範囲にあり, 木炭とバークの混合物が最も高い値を示した。気乾状態での水分は7.4~9.3%であった。灰分についてはバークが最も高く6.0%であった。これはおが粉(0.3%)の約20倍であった。

1. はじめに

1997年の京都会議(COP3)以来, 地球温暖化対策としての温室効果ガス(二酸化炭素, メタンなど)の削減は, 世界的な課題となっている。特に森林や木

材の持つ二酸化炭素を吸収し長期保存する効果と, 再生産可能な木材を化石燃料の代替とすることによる二酸化炭素削減効果が注目されている。

北海道は, 冬期間の暖房用に消費する灯油の一世

帯当たりの消費量が多いことなどから、家庭からの二酸化炭素排出量は排出量全体の17.8%を占め、全国の12.6%よりも大きいことが特徴となっている¹⁾。そこで、暖房用燃料として広く用いられている灯油に替わるエネルギー源として、北海道内の木質バイオマス为原料とした木質ペレット燃料を試作し、燃料としての性能(燃料特性)を調べた。

また、木質バイオマスは灯油などの化石燃料と比較して発熱量が低い。丸山らは、ロールプレスを用いて石炭とカラマツバークの混合物为原料とした固形燃料を製造している²⁾。本研究では、発熱量の向上を目的として、木炭とバークの混合物(重量比1:1(以下、木炭+バークと記する))为原料としてペレットを試作し(第1図)、燃料特性を明らかにした。

なお、本報告の一部は第54回日本木材学会大会(2004年8月、札幌市)において発表した。

2. 材料と方法

2.1 ペレット燃料の原料

ペレット燃料の原料には、林産試験場実験工場から採取したおが粉(トドマツ *Abies sachalinensis*, カラマツ *Larix leptolepis*)とバーク(トドマツ)、道立林業試験場実験林から採取した葉付枝条(トドマツ)、および下川町産カラマツ木炭を使った。バーク、葉付枝条、および木炭は朋来式粉碎機((株)朋来鉄工所製)によっておが粉状に粉碎した。おが粉および粉碎した原料は室内で乾燥した後、水を加えて水分を10~30%に調整した。

2.2 ペレット化

ペレット製造には不二パウダル(株)製ディスクダイ型ペレット製造装置(F-5特殊型)を用いた。トドマツバークを用いて、原料水分(10, 20, 30%)とダイスの厚さ(30mm及び40mm)を変化させて製造条件を検討した。なお、穴径は6mmとした。

その結果、比較的安定的に生産が可能な条件として、原料水分20~30%、厚さ30mmの条件を得た。木炭+バークについては、30mmでは成形できなかったため、厚さ40mmのダイスを使った。

製造後ただちにペレットの見掛け密度、水分、かさ密度を測定した。見掛け密度は、任意のペレットの直径、長さ、重量を測定して計算により求めた。見



第1図 ペレット燃料(木炭+バーク)
Fig. 1. Pellet fuel (charcoal+bark).

掛け密度の測定に用いたサンプルを105℃, 16時間乾燥後の重量を測定して水分を計算した。かさ密度は、ペレットをプラスチック製の円柱(直径:10cm, 容量:1000cm³)に満たして、容量当たりの重量を測定して求めた。

2.3 燃料特性

各種ペレットを数か月間室内で乾燥した後、日本工業規格(JIS)に準じて工業分析(水分、灰分、揮発分、固定炭素)³⁾、総発熱量(高発熱量)⁴⁾の測定を行った。また、元素分析をYANACO製CHNコーダーによって行った。

燃料中に含まれる水素と水分は水蒸気となるが、総発熱量の測定においては、再び液体に戻るため蒸発潜熱も含まれる。しかし、実際の燃焼においては水蒸気は煙突から排出されるため潜熱は利用できない。従って実際に利用できる熱量は試料中に含まれる燃料の総発熱量から潜熱を差し引いた真発熱量(低発熱量)となる。本試験では気乾状態における真発熱量を次式⁴⁾により計算した。

$$q_{v, net, m} = (q_{v, gr, d} - 206 [H]_d) \times (1 - 0.01M_T) - 23.0M_T$$

ここに、

$q_{v, net, m}$: 真発熱量 (J/g)

$q_{v, gr, d}$: 総発熱量 (J/g)

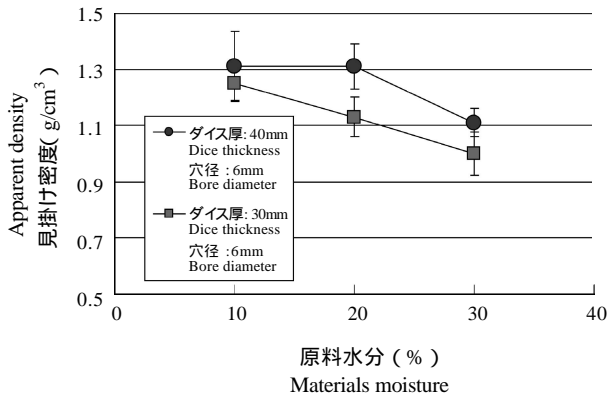
$[H]_d$: 水素含量 (質量分率 (%))

M_T : 水分 (質量分率 (%))

3. 結果と考察

3.1 ペレット化

バークを原料とした場合の原料水分とペレットの見掛け密度との関係を第2図に示す。原料水分が低いほど製品の見掛け密度は高くなった。野崎らは、



第2図 原料水分とペレットの見掛け密度との関係 (バーク(トドマツ))

Fig. 2. Relationship between the moisture content of material and apparent density of pellet (TODO fir bark).
注) 線は標準偏差を示す
Note) Bars show the standard deviation.

木質廃材のペレット化において原料の流動性が圧密に影響することを報告しており⁵⁾, またペレットの見掛け密度が低下する原因は, 原料水分の増加により流動性が増すためであると考察している⁶⁾。

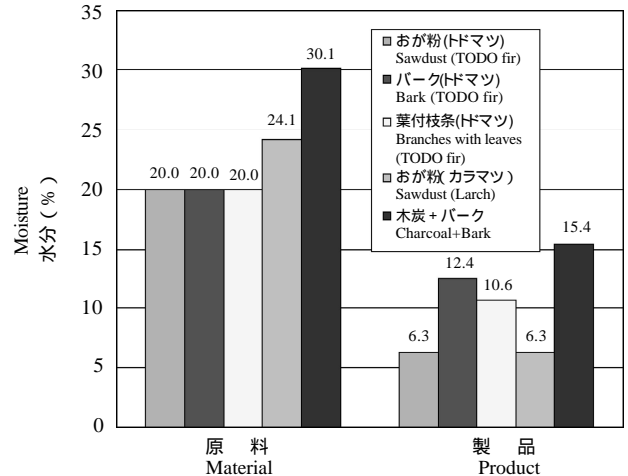
製造直後のペレットの水分は 6.3 ~ 15.4% の範囲にあり, 原料水分 (20 ~ 30%) より 8 ~ 18% 減少した (第3図)。これは製造時に発生する熱のためであると考える。

各種ペレットの見掛け密度は 0.89 ~ 1.30g/cm³, かさ密度は 0.40 ~ 0.71g/cm³ であり, 見掛け密度が高いものほど大きくなる傾向が見られた (第4図)。かさ密度は運搬または貯蔵するために必要な容積に関係する。一般に単位体積当たりに貯蔵できる重量が大きいほど望ましい。そのため, 原料水分を低くして見掛け密度を大きくする必要があると考える。

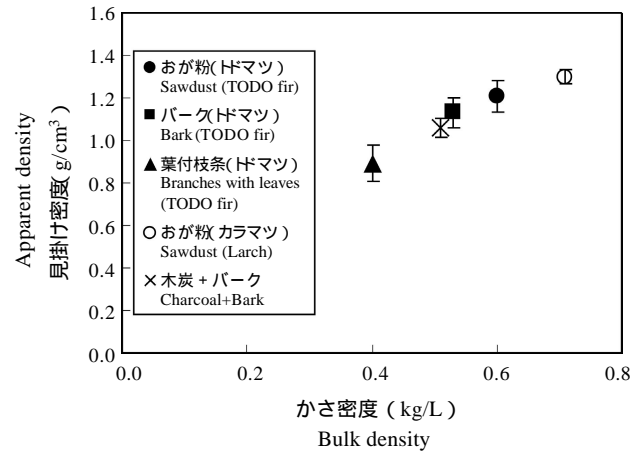
3.2 燃料特性

各種ペレット燃料の工業分析, 元素分析の結果, 総発熱量, および水素含量と気乾状態の水分から計算された真発熱量を第1表に示す。

水分は気乾状態で 7.4 ~ 9.3% であった。ヨーロッパのペレット燃料に関する規格⁷⁾ 等では, 水分を 10% 以下としている。しかし, 製造直後のバーク, 葉付枝条, および木炭 + バークについては水分が 10% を超えていた (第3図参照)。これらに関しては, 規格に適合するために養生期間等を設けることが必要である。



第3図 各種ペレットの原料水分と製品水分の比較
Fig. 3. Comparisons of material moisture and product moisture of various pellets.



第4図 各種ペレットの見掛け密度とかさ密度の関係

Fig. 4. Relationships between apparent density and bulk density of various pellets.
注) 線は標準偏差を示す
Note) Bars show the standard deviation.

灰分についてはバークが最も高く 6.0% であった。これはトドマツおよびカラマツおが粉 (0.3%) の約 20 倍であり, 家庭用のペレットストーブ・ボイラーに用いる場合には, 灰の後始末が頻繁となる等の問題がある。

固体燃料の燃焼性を示す指標として燃料比 (= 固定炭素 (%) / 揮発分 (%)) がある。燃料比は揮発分の量の程度を示し, 燃料比が 1 以下のものは有焰性が大きい。木炭 + バークは 1 を超えていることから, 有焰性が低い木炭に近い燃焼形態となると予想される。

第1表 各種ペレットの燃料特性
Table 1. Fuel characteristics of various pellets.

原 料 Pellet material	水分 (%) Moisture	灰分 (%) Ash	揮発分 (%) Volatile matter	固定炭素 (%) Fixed carbon	燃料比 ^{注1)} Fuel ratio ^{Note1)}	元素分析			総発熱量 (MJ/kg) Gross calorific value	真発熱量 (MJ/kg) ^{注2)} Net calorific value ^{Note2)}
						C(%)	H(%)	N(%)		
おが粉(トドマツ) Sawdust (TODO fir)	7.5	0.3	77.8	14.4	0.19	50.73	6.23	0.23	20.1	17.2
パーク(トドマツ) Bark (TODO fir)	9.3	6.0	69.2	15.5	0.22	47.76	5.97	0.64	19.7	16.5
葉付枝条(トドマツ) Branch with leaves (TODO fir)	8.9	2.2	71.0	17.9	0.25	51.42	6.28	0.79	21.3	18.0
おが粉(カラマツ) Sawdust (Larch)	7.4	0.3	78.4	13.9	0.18	50.39	6.08	0.22	19.9	17.1
木炭+パーク Charcoal+Bark	9.0	2.2	40.4	48.4	1.20	68.98	4.26	0.29	26.8	23.4

注1) 燃料比は次式により算出した。

燃料比 = 固定炭素 (%) / 揮発分 (%)

注2) 真発熱量は、次の式により算出した。

$q_{v, net, m} = (q_{v, gr, d} - 206 [H]_d) \times (1 - 0.01M_T) - 23.0M_T$

ここに、 $q_{v, net, m}$: 真発熱量 (J/g), $q_{v, gr, d}$: 総発熱量 (J/g), $[H]_d$: 水素含量 (質量分率 (%)), M_T : 水分 (質量分率 (%))

Note 1) The fuel ratio was calculated by the following formula.

Fuel ratio = fixed carbon (%) / volatile matter (%)

Note 2) The net calorific value was calculated by the following formula.

$q_{v, net, m} = (q_{v, gr, d} - 206 [H]_d) \times (1 - 0.01M_T) - 23.0M_T$

Here, $q_{v, net, m}$: Net calorific value (J/g), $q_{v, gr, d}$: Gross calorific value (J/g), $[H]_d$: Hydrogen (weight (%)), M_T : Moisture (weight (%))

木材の元素組成は、およそ炭素50%、水素6%で、残りは酸素と微量の無機物、窒素などであり、針・広葉樹による差はほとんどないと言われている⁸⁾。本実験についても木炭+パーク以外は炭素50%前後、水素6%前後であった。木炭+パークの炭素は約70%と高い値を示した。これは炭素を多く含む木炭を加えているためである。

総発熱量は19.7～26.8MJ/kgの範囲にあり、より発熱量が高いペレット燃料の開発を目的として試作した木炭+パークが最も高い値(26.8MJ/kg)を示した。これはパークのみの発熱量(19.7MJ/kg)の約1.4倍であった。

真発熱量は16.5～23.4MJ/kgであり、比較的、低水分のペレット燃料を対象としているため、総発熱量との差は2.8～3.4MJ/kgであった。

新藤らはスギ等の発熱量と元素組成について調査し、市販ペレットの中には残留灰分が多く発熱量が低いものがあると報告している⁹⁾。本実験でおが粉を原料として試作したペレットについては、新藤らが報告しているスギ辺材と同等の性能を有しており、粗悪な市販ペレットに比べて灰分が少なく、発熱量も高かった。

今回の試験により、北海道内で発生する工場廃材、林地残材を活用したペレット燃料の製造条件、工業分析値、発熱量などが明らかになった。今後、北海道内の木質バイオマス原料とペレット燃料を製造する上では、用途にあった原料選定を行い、適切な水分管理を行うなど製造工程に留意し、品質が高いペレット燃料を供給すべきであると考えます。

謝 辞

発熱量の測定にあたり、北海道立工業試験場 岡善秋主任研究員並びに北口敏広研究職員に御協力、御指導いただいた。ここに深く感謝の意を表する。

文 献

- 1) 北海道環境生活部：“北海道地球温暖化防止計画”，2000。
- 2) 丸山俊彦，藤島勝美，古賀卓哉：北海道立工業試験場報告 No.282 ,195-201(1983)。
- 3) (財)日本工業規格協会：“石炭類及びコークス類 - 工業分析法(JIS M 8812)”，1993。
- 4) (財)日本工業規格協会：“石炭類及びコークス類 - ボンプ熱量計による総発熱量の測定方法及び

- 真発熱量の計算法(JIS M 8814)", 2003 .
- 5) 野崎兼司, 佐藤真, 吉田兼之, 遠藤展: 林産試験場報 1(3), 23-31(1987).
- 6) 野崎兼司, 佐藤真, 吉田兼之, 遠藤展: 林産試験場報 2(6), 14-18(1988).
- 7) European Committee for Standardisation: CEN/TS 14961 "Solid biofuels - Fuel specifications and classes", 2005.
- 8) 川瀬清: "新版・林産学概論", 北海道大学図書刊行会, 札幌, 1982 p62 .
- 9) 新藤万里子, 林和夫, 杉森正敏: 第52回日本木材学会大会研究要旨集, 岐阜, 2002 p445 .

- 利用部 物性利用科 -
(原稿受理: 06.5.19)