

流木の燃料利用に関する研究

富山県立大学 学生会員 小笠原瑠太

富山県立大学 正会員 立花潤三

1. 背景・目的

流木のほとんどが産業廃棄物として焼却処理されていることに着目している。流木の燃料利用を普及させる上で課題はいくつかあるが、流木は長期にわたり水に浸かっているため不純物の混入、油分の流出、空隙の発生等、未解明な部分が多く、流木を対象とした既往研究がないため、まず燃料としての質（性能）を証明する必要がある。

流木の樹種判別、密度測定、乾燥実験、燃焼実験、薪ボイラーによる実機試験を行い、通常の立木から得られる薪を比較することで、木質燃料としての性質を明らかにする。

2. 研究手法

2.1 サンプル採取

宇奈月ダム及び黒部川を対象地とし、2016年度は宇奈月ダムより発生したダム流木 14 サンプル、2017年度は黒部川より発生した河川流木 30 サンプルを採取した。薪として利用することを考慮し、採取した時点では、1メートルから2メートル程度の長さのもので、それを50cm程の長さに切断した。また、比較対象としてスギとナラの間伐材も用意した。

2.2 樹種判定、密度測定

富山県農林水産総合技術センター木材研究所に依頼し樹種判別を行った。サンプル片より約1cm角の検鏡用試片を採取し、顕微画像を樹種判別用の写真と比較して樹種を決定した。密度は、浮力法により求めた。

2.3 乾燥実験

本実験では、流木の含水率の月別変化を測定した。2016年度は、ダム流木を対象とした乾燥実験を屋内と屋外で行った。2017年度は河川流木の乾燥実験を全て屋内で行い、雨や風の影響を一切受けない環境を用意した。含水率は下式の乾量基準の含水率を用いた。

$$\text{乾量基準の含水率 (d-MC)} = \frac{W - W_0}{W_0} \times 100 \quad (\%)$$

d-MC : 含水率(%) W : 乾燥前の質量(g) W₀ : 全乾質量(g)

W₀は、サンプルを温度 105℃の乾燥機で恒量に達するまで2～3日乾燥して求めた。

2.4 燃焼実験

熱量計として、燃研式自動ボンベ熱量計を用いて行った。サンプルごとに3回の燃焼実験を行い、その平均値を採用し、高位発熱量と低位発熱量を求めた。低位発熱量の導出には下式を用いた。

$$He = \frac{(Hho - 600(9H' + \frac{u}{100}))}{(1 + \frac{u}{100})} \times 4.184 \quad (\text{J/g})$$

He : 低位発熱量(J/g) Hh₀ : 全乾木材の高位発熱量(J/g)

H' : 木材(無水) 1g 中の水素量(g) (=H(%) / 100)

u : 乾量基準の含水率(%)

H' は木材(無水) 1g 中の水素量(g) は、高温燃焼-ガス吸着分離方式の自動元素分析装置を用いた元素分析により得られた水素量を代入した。

2.5 薪ボイラーによる実機試験

サンプルごとに薪ボイラーで燃焼し、流木の燃え方、におい、煙、砂礫等混合物の影響、最高火力に達するまでの時間、燃焼時間を記録し検討した。

3. 2016年度実施したダム流木の実験結果

3.1 発熱量の結果

実験により得られた高位発熱量のデータを表1、表2に示す。

樹種別の高位発熱量を比較すると、ほとんどの樹種が17.4～17.9MJ/kgであり、差があまり無かった。スギは18.48MJ/kgであり、他の樹種と比較すると高い結果となった。これは、スギのみが針葉樹でその他の樹種は広葉樹であるからと考えられる。一般的にも針葉樹は樹脂、精油分が多く、広葉樹より発熱量が高い。

3.2 流木と間伐材の違い

本実験で間伐材として用いたものは、スギとコナラである。流木の中でこの2つと同じものはサンプル13

のコナラ属のみであった。そこで、コナラ属であるサンプル 13 と間伐材 C3、C4 について考察した。変化をグラフにしたものを図 1 に示す。含水率の変化を見ると、7月の時点では、サンプル 13の方が低い、9月にはサンプル 13のほうが若干高くなり、それ以降はいずれも変化がなかった。この結果から、流木は間伐材よりも乾燥が速いということ、低位発熱量は間伐材のほう若干高いということが見て取れる。

4. 結論

今回用いた流木は、ナナカマド、ウリハダカエデ、ブナ、トチノキ、ハンノキ属、ウワズミザクラ、オニグルミ、コナラ属、スギの 9 種類に分けられた。密度は、樹種に関係なく $0.3 \sim 0.7 \text{g/cm}^3$ と様々なサンプルがあった。体積も樹種に関係なく、 $1000 \sim 8000 \text{cm}^3$ と小さいサンプルから大きいサンプルまで様々であった。乾燥実験では、流木の方が間伐材よりも乾燥が早いことが分かった。それに対し屋外乾燥では、夏場は乾燥するサンプルもあったが、冬になるにつれ、乾燥開始よりも含水率が高くなるサンプルが多くあった。富山県は降雨量が多く、冬は気温も低い。そのため、屋外での乾燥は適していないと言える。低位発熱量には、大きな差は見られないが間伐材のほう若干高い結果となった。

流木の木質燃料としての性質は、間伐材とわずかな違いはあるものの十分燃料としての利用が可能である。

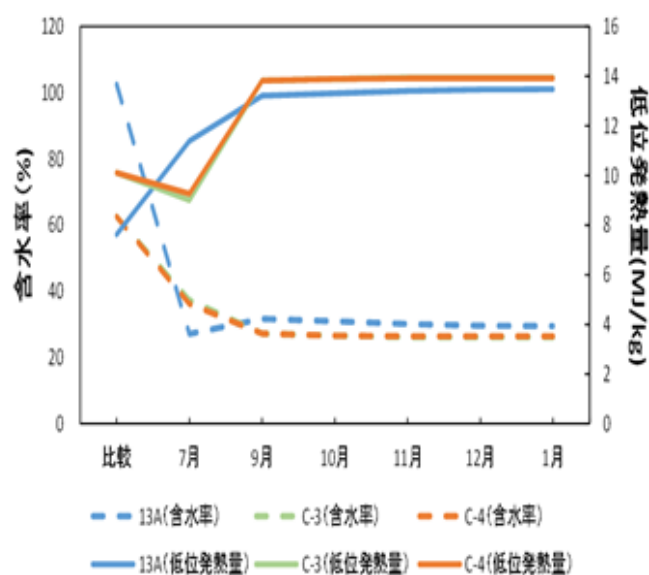


図 1 月別（含水率・低位発熱量）比較

表 1 サンプルごとの高位発熱量

サンプル	樹種	高位発熱量 (MJ/kg)
1A	ナナカマド	17.45
2A	ウリハダカエデ	18.07
3A	ブナ	17.61
4A	ウリハダカエデ	17.49
5A	ブナ	17.93
6A	トチノキ	18.11
7A	トチノキ	17.82
8A	ハンノキ属	17.72
9A	ウワズミザクラ	17.81
10A	オニグルミ	17.46
11A	ブナ	17.81
12A	ブナ	17.45
13A	コナラ属	17.28
14A	ハンノキ属	17.76
C-1	スギ	18.48
C-2	スギ	18.48
C-3	コナラ属	17.51
C-4	コナラ属	17.51

表 2 樹種別平均高位発熱量

樹種別	平均高位発熱量 (MJ/kg)
ナナカマド	17.45
ウリハダカエデ	17.78
ブナ	17.73
トチノキ	17.97
ハンノキ属	17.74
ウワズミザクラ	17.81
オニグルミ	17.46
コナラ属	17.43
スギ	18.48

参考文献

林野庁「都道府県別森林率・人工林率」（最終閲覧日 2017 年 12 月 5 日）

<http://www.rinya.maff.go.jp/j/keikaku/genkyou/h24/1.html>

公益社団法人日本冷凍空調学会「高位発熱量と低位発熱量」

長野県「木材チップなど、木質資源の含水率」（最終閲覧日 2017 年 12 月 5 日）

<https://www.pref.nagano.lg.jp/ringyosogo/joho/minigijutsu/documents/50chipmc.pdf>

一般社団法人 電気宇奈月プロジェクト「電気宇奈月プロジェクトとは」（最終閲覧日 2017 年 10 月 1 日）

<http://denki-unazuki.net/index.html>