

木質バイオマス（オガ粉）の利用技術調査

はじめに

本研究は、木質バイオマスの利用促進を目的とした当研究会からの委託を受けて森林林業技術センター木材利用部が行ったものです。

宍粟市近郊の木材業者等で構成される「播磨木質バイオマス利用協同組合」では、製材所等から発生するオガ粉や端材をオガライト/オガ炭の原料として兵庫炭化工業（株）に販売することで、木質バイオマスの有効利用を図っています。

オガ粉はその材料や使用機械、保管状況等により、物性が変化することから、品質管理が容易でなく、このことが利用時における制限要因の一つとなっています。

本報告では、オガ粉を原料として用いる場合に必要なオガ粉の物性に関する基本的な情報を提供するとともに、オガ粉の多様な利用例を紹介します。

1 オガ粉の物性試験

【目的】

樹種や保管条件が異なるオガ粉の密度、含

水率、粒度分布を測定し、オガ粉の物性を把握するとともに定量方法の検討を行う。

【材料】

オガ粉は播磨木質バイオマス利用協同組合で製造したものと兵庫炭化工業（株）に搬入されたものを用いた。各サンプルの概況を表1,2に示す。

【方法】

(1) 含水率

オガ粉 500ml をビーカーに入れて重量を測定した後、105 の恒温器で十分に乾燥させ、全乾重量を測定し、次式により乾重量基準の含水率を算出した。

$$\text{含水率 (\%)} = \frac{\text{採取時の重量 (g)} - \text{全乾重量 (g)}}{\text{全乾重量 (g)}} \times 100$$

(2) 密度

・メスシリンダー方式

採取直後および全乾状態のオガ粉をそれぞれ 500ml のメスシリンダーに充填し、体積と重量を測定して密度を算出した。充填は 100ml 毎にメスシリンダーの底面を測定台に軽く打ち付けながら行った。

表1 播磨木質バイオマス利用協同組合製造のオガ粉

樹種	粉碎日	事業所名	乾燥条件
スギ1	2006.6.10	(株)大成	天然(生混合)
スギ2	2006.6.17	しそ森林組合(一宮)	天然(生混合)
モミ	2006.6.10	マルタニ(株)	天然(生混合)
ホワイトウッド	2006.6.12	衣笠木材(株)片山工場	人工
ラワン系南洋材	2006.6.10	(株)柴原製材所	天然(生混合)
混合(スギ, ヒノキ, ラワン, 北洋材)	2006.6.17	兵庫炭化工業(株)	天然(生混合)

表2 兵庫炭化工業(株)に搬入されたオガ粉

樹種	搬入年月	乾燥条件
スギ	2007.3	天然(生混合)
混合(スギ主体)	2007.3	天然(生混合)
混合(スギ, ラワン)	2007.3	天然(生混合)
混合(ラワン主体)	2007.3	天然(生混合)
混合	2007.3	天然(生混合)

播磨木質バイオマス利用協同組合で混合、粉碎

・塩ビ管方式

オガ粉を塩ビ管 VU100(107×1002mm) に充填し、体積と重量を測定して密度を算出した。充填は漏斗を用い、底面を地面に軽く打ち付けながら行った。

・トラック積載時

兵庫炭化工業(株)に搬入されたトラック積載時のオガ粉の体積、重量について聞き取り調査を行い、密度を算出した。

(3) 粒度分布

気乾状態のオガ粉 500ml をビーカーに入れて 105 の恒温器で十分に乾燥させ、目開き 0.11~2.00mm の鋼製のふるいにかかけ測定した。

【結果】

(1) 含水率

播磨木質バイオマス利用協同組合で製造したオガ粉の含水率を図 1 に、兵庫炭化工業(株)に搬入されたオガ粉の含水率を図 2 に示す。値の範囲は 14.36~115.34%と広く、サンプル間でのばらつきが大きかった。

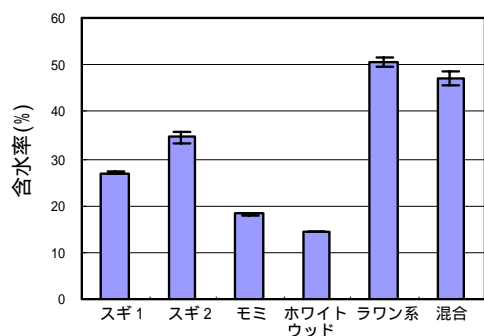


図 1 播磨木質バイオマス利用協同組合で製造したオガ粉の含水率

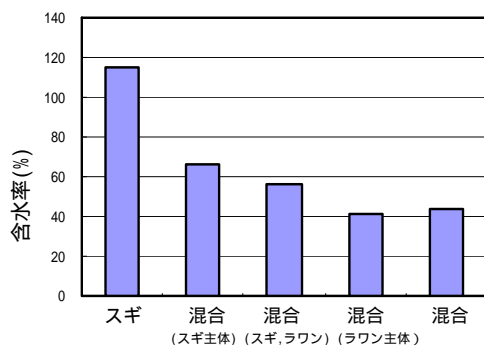


図 2 兵庫炭化工業に搬入されたオガ粉の含水率

(2) 密度

播磨木質バイオマス利用協同組合で製造したオガ粉の密度を図 3 に示す。全乾時の密度はスギで低く、モミやホワイトウッドで高い傾向があり、同一樹種内における値のばらつきは小さかった。

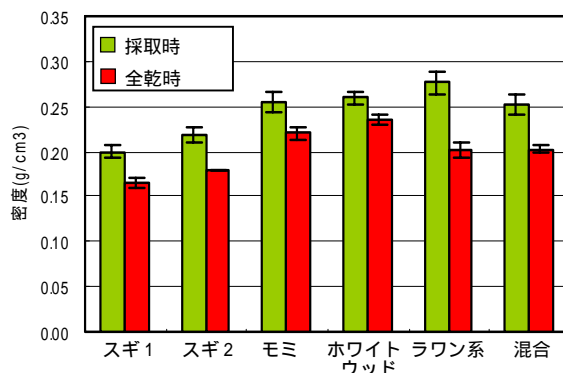


図 3 播磨木質バイオマス利用協同組合で製造したオガ粉の密度 (メスシリンダー方式による)

兵庫炭化工業(株)に搬入されたオガ粉の密度を図 4 に示す。いずれのサンプルも塩ビ管方式の値がメスシリンダー方式の値を上回った。塩ビ管方式で測定した密度は同一サンプル内でのばらつきは小さかった。

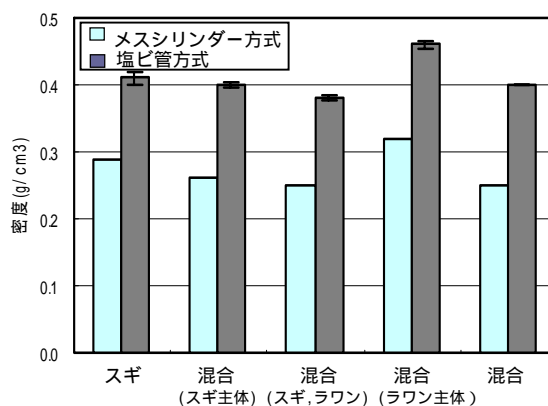


図 4 兵庫炭化工業に搬入されたオガ粉の密度

同一サンプルにおけるメスシリンダー方式と塩ビ管方式の値の関係を図 5 に示す。両者の値には相関が認められた。

聞き取りを行った各事業所における測定方法別の密度を図 6 に示す。全ての事業所でメスシリンダー方式<トラック積載時<塩ビ管方式の関係が得られた。

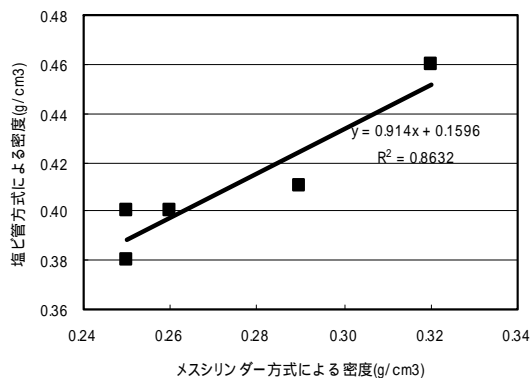


図5 測定方法と値の関係

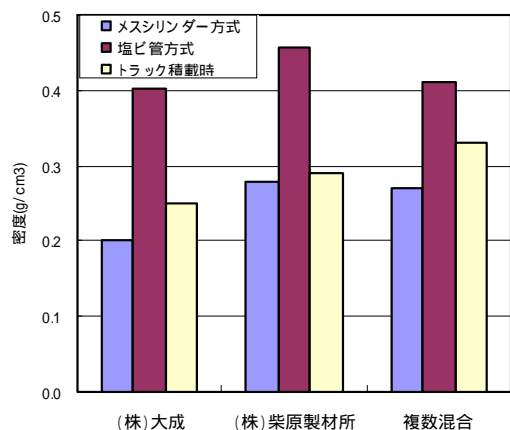


図6 各事業所におけるオガ粉の密度

(3) 粒度分布

播磨木質バイオマス利用協同組合で製造したオガ粉の粒度分布を図7に示す。スギ,モミ,ホワイトウッドについては0.85~2.00mmをピークとするほぼ同様の分布であった。ラワン系南洋材は0.85~2.00mmを緩やかなピークとし,それ以下の細粒分も多く含んでいた。複数種混合は0.11~0.40mmをピークとした,他とは異なるパターンであった。

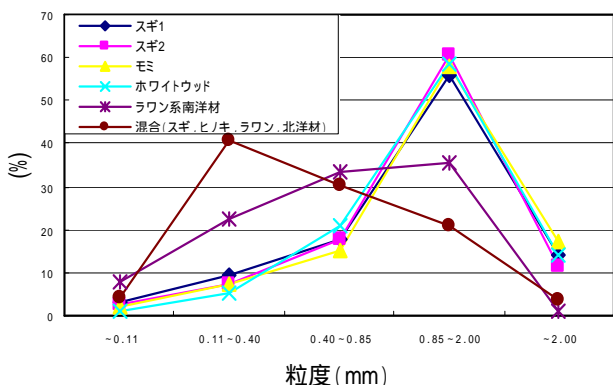


図7 播磨木質バイオマス利用協同組合で製造し

【考察】たオガ粉の粒度分布

含水率はサンプル間の値に大きなばらつきが見られたが樹種による傾向は確認されなかった(図1,2)。

メスシリンダー方式で測定した全乾密度は,スギで低く,モミ,ホワイトウッドで高い傾向が見られた(図3)。モミ材,ホワイトウッド材の気乾密度はスギ材よりもやや高いとされており,これらの樹種は粒度分布が類似していることから,材の密度がオガ粉の密度に反映された可能性がある(図7)。

材の気乾密度が最も高いとされるラワン系南洋材の値がモミ,ホワイトウッドの値を下回っていた(図3)。ラワン系南洋材の粒度分布は他の樹種のものと異なったパターンを示していることから,材の密度がオガ粉の密度に反映されなかった可能性がある(図7)。

オガ粉の密度には複数の要素が関係していると考えられるが,粒度分布の類似したものに関しては,材の密度で類推できる可能性が示唆された(図3,7)。

塩ビ管方式で測定した密度はメスシリンダー方式で測定した場合の1.5倍前後であった(図4)。メスシリンダーの容積が500mlであるのに対し,塩ビ管の容積は約9lあり,内部に充填したオガ粉の重量はメスシリンダーで100~150g程度,塩ビ管で1~4.5kgであったことから,自重による圧縮が塩ビ管方式の密度を高くした要因と考えられた。

メスシリンダー方式と塩ビ管方式の値には相関が見られた(図5)。メスシリンダーと塩ビ管は共に円筒形であり,形状は概ね相似関係にある。容器のスケールの違いで密度に1.5倍程度の差異が生じ,相関が見られたことはオガ粉の物性を把握する上でたいへん興味深い。異なるスケールにおけるデータを収集することで,扱うオガ粉の量による密度の変動を把握する可能性が示唆された。また,オガ粉におけるスケールと密度の関係は,オガ粉よりも粒径の大きな木材チップ等の密度を把握する上でも有用なデータであると考えられ

た。

トラック積載時の密度は全ての事業所でメスシリンダー方式と塩ビ管方式の間の値であった(図6)。トラック積載時は自重による圧縮が最も大きく働くことが予想されたが、塩ビ管方式による測定時の値を下回った。大量のオガ粉を大型のホッパーやバケット等を用いて積載した場合、均等に充填されにくく、小型の漏斗を用い、地面に打ちつけながら充填した塩ビ管方式と比べると圧縮が少なかったものと考えられる。

現場におけるオガ粉の密度は容器のスケールと、充填方法が大きく影響しており、メスシリンダーと塩ビ管の間のスケールで測定することで実際のトラック積載時の密度に近い値を簡易に評価できる可能性が示唆された。

オガ粉の密度は、現場条件に最も近いトラック積載時で0.25~0.33g/cm³、最も圧縮が働き、密に充填された塩ビ管方式でも0.4g/cm³前後であり、現在、現場で用いられている0.5g/cm³を下回った(図6)。温湿度や保管状況等により、密度は変動するものと考えられるが、今回の測定では0.5g/cm³を上回る測定結果は確認されず、現場で用いる値については再考の余地があると考えられた。

スギ、モミ、ホワイトウッドの粒度分布は類似していたが、複数混合およびラワン系南洋材ではそれぞれ異なったパターンが確認された(図7)。複数混合のサンプルは兵庫炭化工業(株)から発生したものであり、オガライトの品質を高めるために複数の樹種を混合した結果、他の樹種よりも細粒分が多くなったと考えられる。細粒分がオガライト生産時のオガ粉の固形化と関係していると推察された。

ラワン系南洋材はスギ、モミ、ホワイトウッドと同様に製材所から発生しているが、細粒分を多く含んでいた。ラワン系南洋材は密度が高く、硬質であることから、製材加工時に発生するオガ粉の粒径が小さくなったと推察された。

オガ粉の物性は一様ではなく、定量は容易でないが、本試験の結果、樹種、充填条件、密度等の間に様々な傾向が見出された。今後は樹種、使用機械、季節等、条件の異なるデータを蓄積し、簡易でより精度の高い定量方法を確立することが望まれる。適正な管理技術を確立することで、木質バイオマスの高度な利用の促進を図りたい。

2 オガ粉の利用技術調査

近隣県におけるオガ粉の利用実態調査と新技術検討会等の結果を以下に示す。

【利用実態調査および検討会の概要】

利用実態調査

中外炉工業株式会社(山口県山口市)

平成18年11月30日

山口県林業指導センター

(山口県山口市)平成18年12月1日

真庭市(岡山県真庭市)

平成19年1月29日

銘建工業株式会社(岡山県真庭市)

平成19年1月29日

健康増進施設「水夢」(岡山県真庭市)

平成19年1月29日

ランダス株式会社(岡山県真庭市)

平成19年1月29日

三井造船株式会社(岡山県真庭市)

平成19年1月29日

新技術検討会等

屋上緑化資材「プラムエコ」

(プラムエコ製造体制検討会)

法面緑化工法資材「H0緑化工法資材」

(宍粟バイオマス利用技術研究会)

【調査結果】

中外炉工業株式会社(ガス化によるコージェネレーションシステム)

木材・竹材のガス化による電熱併給のコージェネレーションシステムの実証プラントを建設し，中山間地域のエネルギー供給システムとして実証試験運転をしている。

このプラントの特徴は，間接式ガス化炉の5本の多筒式キルン炉(特許)，タール分を改質させ可燃ガスに変換させるガス改質炉(特許)を有しているところである。含水率50%以下でかつ50mm以下の木質バイオマスであれば投入可能であり，1日5tバイオマスから176kwの電力と85の温水を得る。このシステムからの排出物は，キルン炉及びエンジンから排出されるガス，キルン炉から排出される灰分(バイオマス量の1%)，キルン炉から生産される炭化物はチップの乾燥およびキルン炉の加熱に用いられるため排出されないのみである。排ガスはバグフィルターを通過後排出されるがSOX，NOX等は含有されない。設備費は処理量5ton/日のもので約3億円。

山口県林業指導センター(ペレットボイラーによる冷暖房システム)

全国で初めて冷暖房用ペレットボイラーを導入し，ペレット燃料による汎用かつ分散型の小規模熱供給システムのモデルとして運転をしている。

ペレットは，チップと比較して燃料の取り扱いが容易であり，安定燃焼し，湿気以外の貯留性がよい。その反面，コスト及び安定供給体制に課題が残る。また，ペレットボイラーは重油ボイラーに比べて高価であるうえ迅速な加熱は出来ないが，停止後の余熱運転が可能である。

設備費：約3000万円(ボイラー500万，冷凍機700万，その他1800万)

メンテナンス費：年4回で20~30万円程度(推定)

ランニングコスト：重油の価格によってはペレットの方が安い

場合がある。

排出物(灰)：ペレット重量の0.25~0.32%
(バケツ5~6杯程度)

ペレットの製造：森林組合連合会で500ton/年製造しており，35円/kgで販売している。

真庭市(バイオマスタウン構想の取り組み)

林業・木材業で栄えた真庭地域において，銘建工業が先導的に余剰の木質バイオマスを原料に発電，ペレット生産などに取り組みだしたのをきっかけに，木質バイオマスのマテリアル・エネルギー利用に取り組みだした。真庭地域では，カーボンニュートラルである木質バイオマスを用いた地域完結型の炭酸ガスを増加させない暮らしの実現を目標としている。

また，説明会場である「勝山木材ふれあい会館」には，木材・木製品のサンプル展示の他，ペレットストーブが稼働していた。近々，ペレットを用いた冷暖房システムを導入予定である。

銘建工業株式会社(ペレット製造・蒸気タービン式発電)

銘建工業では，余剰の木質バイオマス(木質廃棄物)の処理という観点からその利用に取り組んでおり，オガ粉発電により自社への電力供給と関電への売電，製造したペレットの販売(公共施設(プールボイラー)，農家(ビニールハウス暖房)，関電(混焼火力発電)への販売など)を行っている。

また，平成19年度にはガス化発電設備を導入予定である。

健康増進施設「水夢」(ペレット焚きボイラー)

昼間の温水プールおよび室内の加温に用いている。銘建から20円/kgで購入しており，年間約100tを消費する予定なので年間200万円の支出を見込んでいる。

(灯油の場合，80 円/㍓であり，年間 400 万円の支出になる。ペレットボイラーは灯油ボイラーに比べて設置コストが約 10 倍掛かる。ランニングコストについてはデータを集積中。

ランダス株式会社(木片コンクリート等の製造)

ア)木片コンクリート(インターロッキングブロック，園芸資材)

5mm 以下のヒノキチップとセメントを混合した資材(ヒノキチップは体積比で 60~70%)で，透水・保水性があり，ヒートアイランド対策用インターロッキングブロックや散水の手間が軽減できる植木鉢に用いる。ブロックは，車の走行も可能であるが，エッジが欠けるなどの問題も多少認められる。

イ)緑化工法用木片コンクリート板

1~2cm 大のヒノキチップとセメントを混合した酸性土壌改良緑化工法に用いる。耐朽性は 10 年以上である。

三井造船株式会社(バイオエタノール製造)

実証段階にある。エタノールを濃縮する膜脱水に特許を持っており，原料の約 25% (500kg/日)のエタノールが製造できる(ただし，原料の含水率が低いなどベストな状態の場合)。採算ベースに載せるためには，現在の 2 原料トン/日では不可能であり，最低でも 60 原料トン/日の処理能力が不可欠である。

また，排出されるリグニンについては，今後，段ボールの耐水性付与剤への検討を行う予定である。

屋上緑化資材

青森林試，(株)プラム・エコ・プロジェクト，(株)八戸鉄工所が開発したスギ間伐材チップを利用した植生基盤で，バインダーにイソシアネート系樹脂を用いてスチ

ームインジェクションプレス(蒸気噴射プレス)により成型される。軽量かつ人の歩行も可能であり，幼稚園，老人ホーム屋上，病院屋上などへの施工実績がある。ただし，耐久性や分解に伴う窒素飢餓等については確認されていない。(施工後 3~4 年経過した場所はあるが植生(芝等)の生育には問題が無く，根も十分に張っているため崩れるということのない状況である。)

青森県では実績を伸ばしつつある技術だが，他県で生産する場合にはパテント料，特殊な成型器の設備費などイニシャルコストが高くなると見込まれる。

法面緑化工法資材

宍粟バイオマス利用技術研究会が考案したオガライトの孔に種子とバーク堆肥を詰めした後，麻袋に入れた資材である。平成 18 年 11 月に山崎町須賀沢の法面に試験地を設定するとともに，19 年 3 月に近畿農産資材(株)の温室内でプランターによる促進試験を実施している。既存設備のオガライト製造機を利用しているため設備費は削減できるが，麻袋の縫製およびオガライト詰めは機械化の見込みがたっていないためランニングコスト高の懸念がある。設備費はかかるがランニングコストが抑えられると思われるペレットを袋詰めた資材についても検討すべきであると思われる。

【利用技術の提案】

木質バイオマスの利用は，マテリアル利用とエネルギー利用に大別される。理想的な利用形態は，排出された木質バイオマスを数回マテリアル利用し，最終的にエネルギー利用するというものである。しかし，視察事例からもわかるように実際には，このようなカスケード(多段)利用は難しく，マテリアルあるいはエネルギーに 1 度だけ利用するというものが多い。また，ランダ

スのブロックなど実用化されており採算ベースにのっている技術もあるが、中外炉工業(株)や三井造船(株)など実証段階にあるものの経済的制約(採算がとれない)を受けている技術もある。

バイオマスを利用しようとする場合、まず問題になるのが経済的制約(採算がとれない)ことである。これは、原料のコストが高い(低品質で集荷コストが高い)ことによるランニングコスト高、原料の供給が不安定(季節変動があり)設備稼働率が下がることによる設備コスト高が原因である。そのため、新たなオガ粉の利用技術を提案するにあたり前提となるのが、1)目的の明確化、2)原料の種類(品質)と発生量の正確な把握、3)合理的な取り組みの整理が必要である。

本試験において原料(オガ粉)の物性の一部を測定したが、発生量、目的、合理的取り組みについては不明確である。そのため、一概に利用方法を提案することはできないが、既存設備を活用するという観点からオガライト・オガ炭の製造に用いるのがリスクを少なくできる利用方法であると思われる(製造ノウハウについても蓄積がある)。ただし、オガライトはペレットと同様に湿気に対する貯留性が悪く需要も少ない、オガ炭は焼き鳥などの業務用燃料として需要はあるものの中国産などの安価な炭に圧迫されているなどの問題点がある。そのため、耐湿性を上げるあるいは燃焼効率を上げるなどの品質向上を図った上で、ボイラーやストーブの燃料として利用できるようにメーカーに協力を依頼し、宍粟市バイオスタウン構想の中で燃料として活用するように提案していく方法が考えられる。また、現在は灰分が多く出るなどの理由でオガ炭原料として利用されていない樹皮(バーク)についても、ボイラー・ストーブ燃料として利用できる可能性があるため、物性デー

タ等の調査を行う必要がある。

目的の明確化とは経済性を優先させるのか、あるいは廃棄物処理という観点からの取り組みなのかなどの目的の明確化であり、これにより収益の目標値が異なってくる。合理的取り組みとは、各種支援(補助金などの行政支援)の活用や企業間の連携体制の整備、既存設備の活用などのことである。

(研究員 石坂知行)

*なお、本調査は、本年4月に転勤した上村主任研究員が実施したものです。