

木を燃やす

木をエネルギー源として活用する

NPO里山倶楽部
木質バイオマスエネルギー講座
2006(平成18)年11月14日(火)から
抜粋(2006/12/3)

木を燃やしてエネルギー利用をしたい場合、いくつかクリアしなければならない問題があります。

基本的にバイオマスエネルギーは熱の形で取り出されます。

木の燃焼の仕方

- 乾燥木材の約50%が炭素、約6%が水素
- 直接燃焼-そのまま火をつけて燃やす
 - 薪ストーブ、ペレットストーブ、チップボイラーなど
- ガス化燃焼-一旦蒸し焼きにして熱分解させ、燃焼ガス(CO+H₂)を発生させる
 - これに熱風(2次空気)を吹き込んで燃焼させる
 - ガスエンジンの燃料として使用する
- 炭にして用いる

まず、木の燃焼の仕方についてですが、ここに書いたように木材の組成は半分が炭素、約6%が水素、そして残りの約44%が酸素です。化石燃料には酸素はほとんど含まれません。

固体燃料である木材の燃やし方には、次のようなケースがあります。

1)そのまま火をつけて燃やす---直接燃焼、この方法がもっとも一般的な方法です。

2)一旦ガス化(一酸化炭素COと水素H₂の混合ガス)して、これに更に熱風を加えて燃焼させる場合と、ガスエンジンなどの燃料として利用する場合があります。前者の場合はボイラーなどに多く用いられており、ガス化ボイラーという名称で呼ばれています。後者の場合は、バイオガスなどの家畜糞尿の発酵によるメタンガスなどでは成功していますが、木材の熱分解によるガス化ではタール分を含むためにエンジンなどに利用するにはタール除去などの困難な問題に遭遇します。

タール問題を起さないものとしては炭にして用いる方法があります。以前、戦中戦後の数年間、炭を用いたガスエンジンが自動車に用いられていました。

薪ストーブの燃焼方法



暖めた空気を3ヶ所から吸入して3回燃やす
燃焼効率90%以上



新宮商行パンフレット

この図は新宮商行のパンフレットに載っていたものです。

デンマーク製の薪ストーブであるが、予熱した空気を3箇所から導入して3回燃やすということを説明した大変分かりやすい図です。

まず、右下の一次空気が下から導入されて薪の燃焼に使われます。

ここで熱分解しガス化した一酸化炭素は右上から予熱されて導入される二次空気で燃やされます。

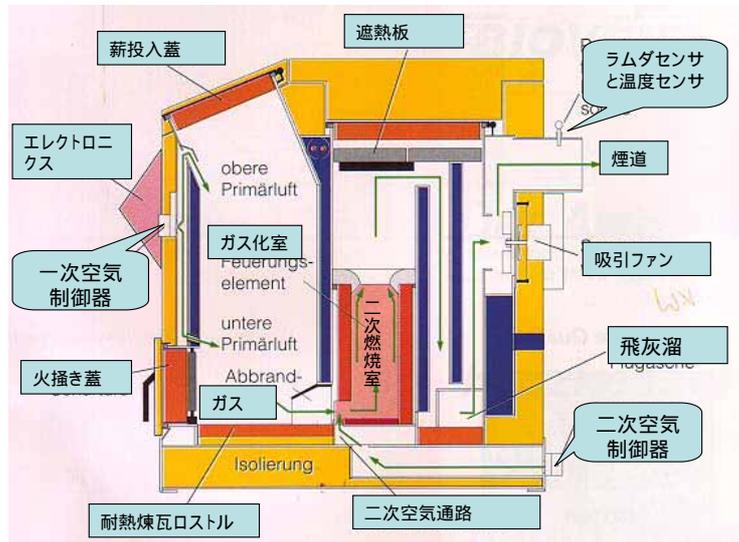
その燃え残りのススなどを左下から導入・予熱された三次空気で燃やされます。

このようにして、燃焼効率を向上させるとともに、排煙をクリーンなものにしているわけです。

このように2回以上の予熱空気で燃焼効率を上げることが一般に行われているのです。

家庭用ガス化燃焼ボイラー

燃焼効率93% コンピュータ制御



これは2004年の頃のあるオーストリアの家庭用ガス化ボイラーの構造図です。木質チップ、ペレット、薪のいずれも使用できるタイプです。基本的な構造を簡単に示した図です。大変分かりやすいものかと思ます。

ガス化室に燃料を入れて、一次空気で燃焼させガス化し、ガスを二次燃焼室に導いて二次空気で燃焼させます。青色の部分に水が入り、ここで温水が作られます。

燃焼のコントロールは一次空気制御器、二次空気制御器および吸引ファンでラムダセンサーと温度センサーの情報に基づいて行われます。空気制御器といっても蓋の開け閉めの程度を調節するだけです。主体は吸引ファンの強弱です。これらのコントロールはエレクトロニクスの指令によって操作されるようになっております。

ラムダとは、完全燃焼のために必要な空気量(理論空気量)を1とした実際の空気量を空気比という形で表したものです。空気比1にできるだけ近いところで完全燃焼させることが理想なのですが、空気の混ざり具合で、多少多い目の空気を入れなければ排気が綺麗になりません。排気が綺麗でないということは完全燃焼していないということです。

木を燃やすときの問題点

- 含水率
- タール
- 灰付着
- 灰処理
- 飛灰
- クリンカ
- 熔融 鉄も熔ける高熱

木を燃やす場合、ここに並べた問題をクリアしなければなりません。

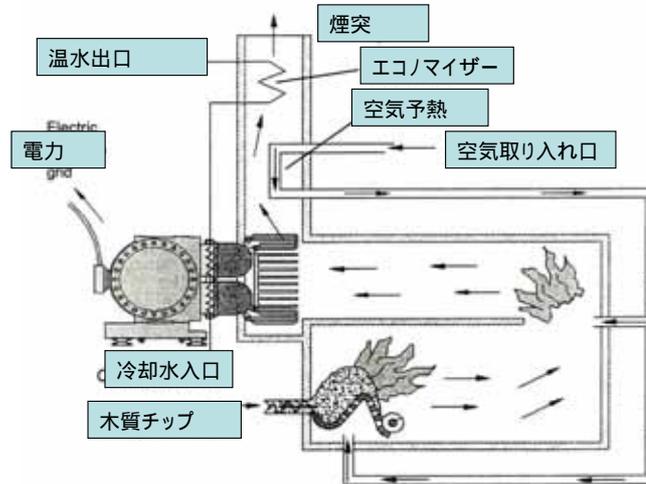
最初の含水率ですが、木材は化石燃料と違って生ものですので、水を含んでいます。これがまず第1の厄介者です。人工的に乾燥させたり、シーズニングにより天然乾燥させたりします。燃やすときには、含水率を20%くらいには落としておきたいものです。

木質燃料中の水分

- 含水率
- ドライベース
 - (自然重量 - 絶乾重量) / 絶乾重量
- ウェットベース
 - (自然重量 - 絶乾重量) / 自然重量

含水率は%で表されますが、分母の違いによってドライベースとウェットベースの2通りの表し方があります。前者の分母が乾燥重量、後者の分母は自然重量です。

水分を含む燃料の燃焼



MAWERA社(オーストリー)カタログから

水分を含む木材を燃やすボイラーが多く開発されています。この図はその例の一つです。MAWERA社(オーストリー)のスターリングエンジンつきボイラーの構造概念図です。下の燃焼室でガス化して、上の燃焼室で高温燃焼させます。下の室で水は気体(水蒸気)になるので、ガス量はその分増えますが、上室では潜熱を取りません。もちろん、水分が多すぎれば、十分温度が上がらなくなります。

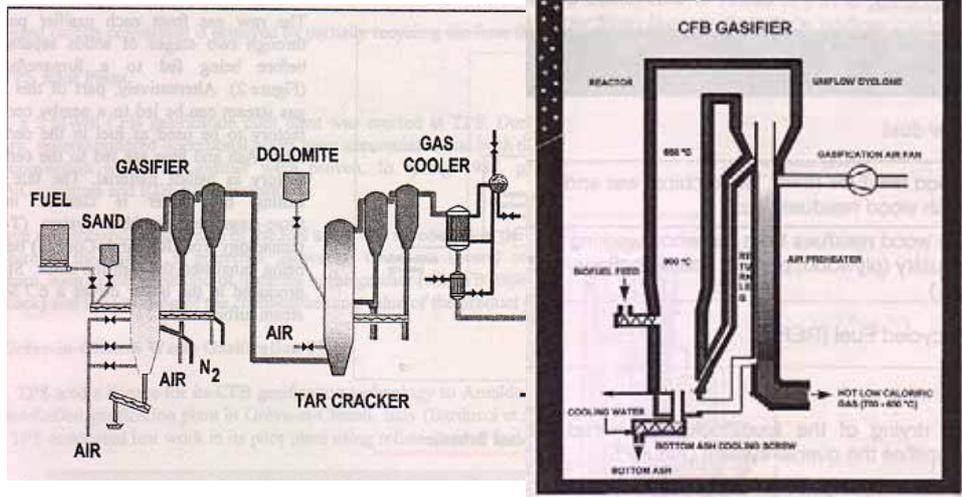
タール

- 燃やしてしまう場合には問題にならない
- ガスエンジンに供給する場合に問題になる
- ガスを水洗してタールを取り除く
 - 水タバコのように
- 浮動床式燃焼炉
 - イギリスで6MWの浮動床式ガス化装置の実験が行われた--レポートは出ている
- 最近の日経ニュースで、川崎重工が積水ハウスに175kW発電の木質バイオマス・ガスエンジン熱電併給装置を納入と言う記事あり

次はタールの問題です。

木を燃やすと必ず木酢液やタールがでます。タールはそのまま燃やしてしまえばよろしいのですが、タールを含んだガスを内燃機関に使用しようとするとうちにタールが溜まって詰まってしまう。そのために木質ガスからタールを取り除くためにいろいろと試みがなされているわけです。

ドロマイト(苦灰岩)触媒と熱900 によるタール破壊



浮動床式ガス化装置

右図の浮動床式ガス化装置とは、高さが10mもある大きなパイプ状の燃焼室内で砂を高温に熱して高温の空気で吹き上げて木質燃料を燃焼させ右側のサイクロンでその砂を未燃焼粒子と一緒に回収して循環させるガス化炉です。

左図では2個のサイクロンをもつ炉が2つつながっています。最初の方は燃料と空気と砂を入れてガス化しますが、2つ目は空気とドロマイトという触媒をいれます。これで、タールが変質して通常の石灰水による洗浄でタールを取り除くことができるようになるということです。

灰付着

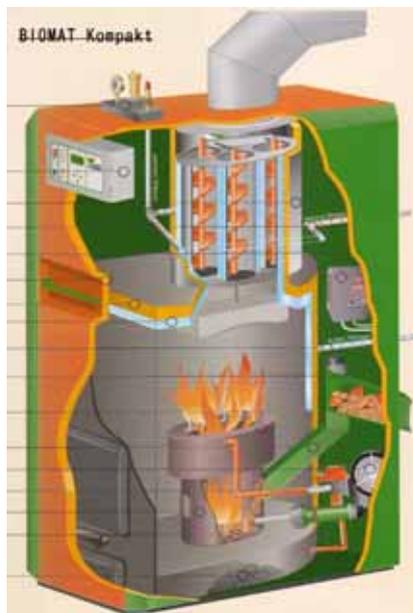
- 家庭用木質燃料ボイラーは煙管式が多い
- 煙管内に付着する灰を手動で落とす
- 煙管内に付着する灰を電気仕掛けで落とす--
-自動化
- 家庭用ボイラーでは灰清掃の自動化が必須
条件

熱交換部に灰が付着すると、熱交換効率が下がります。ときどきこれを掃除しなければなりません。

家庭用ボイラーではこれを自動的に行うようにしたものが多くあります。

普通は、煙管内部の壁の灰をこそぎ落とすような構造の回転体を電気仕掛けで動かして掃除をするようです。

付着した灰の清掃



左の写真はガシファイヤの煙管です。これはこの管に掃除用の刷毛を突っ込んで手動で掃除します。

右図では、上の方にスパイラル状の回転体をもつ管がありますが、これが熱交換部の煙管です。このスパイラル状のものを電動機で回転させて壁に付着した灰を落とします。

灰処理

- 自動排出
- 成分分析—環境基準
- 農業用肥料
- 土壌改良剤として販売---ホームセンターなど
- 林地に戻す
- ペレット化など取り扱いやすくする

灰は自動的に排出できるような装置をつけておきたいですね。

排出された灰は分析して使用する必要があります。とくに有害物質をふくまなければ農業用肥料として利用できます。

灰は土壌改良剤としてホームセンターなどに流通できればよいですね。

林地に戻せば、一応完璧な循環系を形成することになります。

灰の自動排出



これはMAWERA社の灰排出装置です。燃料の投入と灰の排出は自動になっています。

灰分

珪素Si,カルシウムCa,
マグネシウムMg,カリK,ナトリウムNa,
硫黄S,塩素Cl,銅Cu,亜鉛Zn
鉛Pb,カドミウムCd,燐P,アルミニウムAl,
鉄Fe,マンガンMn,コバルトCo,
モリブデンMo,砒素As,ニッケルNi,
クロウムCr,バナジウムV
有機質炭素,無機質炭素

灰に含まれる元素にはいろいろあります。これを全部持っているというわけではありません。分析するとこのようなものの一部が含まれているということです。

成分分析

表5 リエンツCHPプラントの利用可能灰(底溜まり灰とサイクロン灰の混合物)内の重金属量と農林地に利用可能な限界値との比較

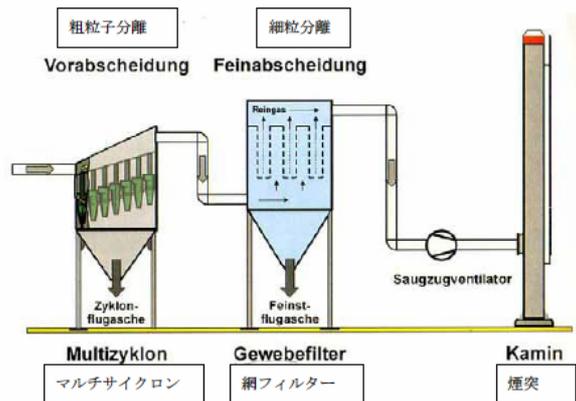
説明 d. b. 絶乾ベース;許容値は文献[1], [2], [3]による。サンプルは2002年12月のもの。

パラメータ	利用可能灰 [mg/kg d. b.]	許容値 [mg/kg d. b.]	環境基準 [%]
Zn	871	1,500	58.1
Cu	72	250	28.8
Cr	58	250	23.2
Pb	15	100	15.0
V	46	100	46.0
Co	23	100	23.0
Ni	62	100	62.0
Mo	2	20	10.0
As	5	20	25.0
Cd	4	8	50.0

これはリエンツのCHPプラントの灰の分析結果(オーストリー林業試験場)です。いずれも許容値以内にあり、農業用肥料として使用可能です。

飛灰

- 環境基準
- $10\text{mg}/\text{m}^3_{\text{N}}$ 程度に押さえない



オーストリーの場合、環境基準を守るためにはこのような装置で飛灰を排除する必要があります。

一段目がマルチサイクロンで二段目が湿式の網フィルターとあります。

クリンカ

- クリンカとは灰が熔けて固まったもの
- 灰分の多い樹皮ペレットなどの使用によって生じる—ペレットストーブ燃焼皿上方に生じる
- 1000 から1200 の間でクリンカを発生しやすい 固体 液状 ガス状?
- 灰分の少ない白ペレットを用いる
- クリンカブレーカをつける(サンポット)
- 燃焼温度を1000 以下か、1200 以上に保つ

外国製のペレットストーブを導入したとき、葛巻林業製の広葉樹樹皮ペレットを用いると、灰分が多いためにクリンカというものが火皿に付着するので、それをこそぎ落とすのに苦労したという話があります。クリンカというものは花巻のサンポット社で見せてもらいましたが、何かコークスのような硬い塊でした。灰が一旦高温で熔けて固まったものだそうです。

サンポット社では、これを機械的に砕く仕掛けを作っておりました。

白ペレットを使えば、灰が少ないので、クリンカを避けることができるということです。

そうか、1000 以下の温度に保つか、1200 以上の温度に保てば避けられるようです。

オーストリア・マベラ社製ボイラー

- 燃焼温度を1350 に維持
- メンテナンスフリー
- 特別養護ホーム



MAWERA社のスターリングエンジンつきボイラーでは、温度を1350 に保つということでした。

高熱破壊

- 炉心の鉄などが高熱で破壊される
- 耐熱性の高い材料
- セラミックス
- 耐火煉瓦



それから、高温によるボイラー内部の破壊の問題があります。

さきにも述べたように、ガス化燃焼炉では、1000 以上の温度になります。

この写真は大阪万博公園で試験中のガシファイヤ(薪ボイラー)の内部にあるステンレス製のパーツが破壊された様子です。SUS316Lという鉄材だそうですが、

ガス化炉を取り扱っている人達はしばしばこのようなことに遭遇しているようです。

燃料の貯蔵・供給方法

- 林地での保存
- チップの保存
- 乾燥---自然乾燥、人工乾燥
- 吸湿---ペレットの解体
- 堆肥化、菌塵発生、自然発火

- チップ・ペレットの連続供給時のバックファイアの問題

木質燃料の貯蔵の問題もあります。

チップの状態では野積みしておくと、堆肥化したり、菌塵を発生させたり、自然発火したりとやっかいなことが起こります。

ペレットの場合、吸湿して解体してしまうこともあります。

林地での保存



薪状の場合には雨にぬれないようにして積んでおけば、自然乾燥してくれます。
また、右の写真のように柴状のものは結束して積んでおけば、これも良く自然乾燥する
そうです。

バンドリング・マシーン



ついでに、これは枝葉を結束するバンドリングマシンです。
左がチンバージャック社製(フィンランド)、右上がヴァルメット社製(スウェーデン)のものです。

貯蔵庫+乾燥室+供給装置



オーストリア・シェンケンフェルデン村のバイオマス地域集中暖房装置のチップ貯蔵庫兼乾燥室兼供給装置です。下のイメージ図のようにチップを投入すると、床の仕掛けで少しずつ移動し数ヶ月かかってボイラー投入溝に入るようになっていきます。この間に乾燥してしまうわけです。菌塵も発生しますが、中に人が入って仕事をするわけではありませので、問題は生じません。

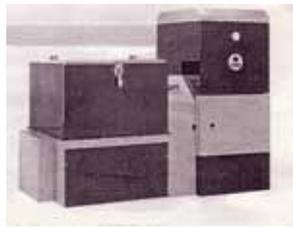
チップ運搬車による連続供給



これはMAWERA社がユニットで販売しているボイラー装置ですが、左側に2台繋がっているのはアームロール車の荷台の部分です。これを投入装置に繋ぐと自動的に中のチップがボイラーに送り込まれます。

2連になっていますので、チップ搬入は途切れずに実施できます。先に見た灰の自動排出装置もこのユニットのものでした。

チップ・ペレット供給方法



これはKWB社の家庭用チップ・ペレット兼用ボイラーのカタログから取った写真です。左上はペレットのボックスを備えたもの、右上はチップ貯蔵庫(左下)からチップを送り込む装置をつけたタイプです。円板についてはばね状のもので貯蔵庫のチップを掻き出し、スクリュー状の送り装置で搬入します。右下は吸入式のもので、このようにいろいろなタイプが考案され、実用化されております。