



第7章 ボイラー技術の解説

木質バイオマスエネルギーとして利用するためには装置の選定が重要です。容量や対応する燃料種、得られる熱の種類、金額（初期投資、運転経費）も様々であるため、現場に最適な装置を検討しなければなりません。また、装置から生み出されたエネルギーをどのように利用するかといったシステム設計も重要です。こちらは既製品ではないので、ケース毎に対応します。

本書では10～1,000kW（1 MW）で、家庭用ならびに業務用として用いられる温水ボイラーを対象とします。従って、10kW以下の家庭用のストーブや1 MWを超えるボイラー（特に蒸気ボイラー）は対象としていません。

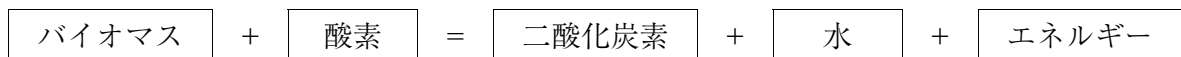
図表 7.1 本書の適用範囲

容量（出力）	用途	分野	熱媒	導入条件
・ 10～100kW ・ 100～500kW ・ 500kW ～ 1MW ・ 1MW ～	・ 暖房（冷房） ・ 給湯 ・ プロセス蒸気 ・ 発電	・ 家庭用 ・ 業務用 （温浴施設、 農業） ・ 産業用 （製材所、発電） ・ その他 （地域熱供給）	・ 温水 （<100℃、 >100℃） ・ 温風 ・ 蒸気 ・ その他	・ 新設 ・ 既設つなぎ込み

燃焼技術を理解することで、燃料品質に合致したボイラーの選択や効率的なエネルギー利用、燃料の品質管理の重要性、メンテナンスのポイントなどを知ることができます。

I. 木質バイオマスを燃やす

バイオマスを燃やして熱や光を取り出すことは、バイオマスの最も古典的な利用方法の一つです。非常に単純な表現をするならば、バイオマスは空気中の酸素と反応して二酸化炭素と水、そしてエネルギーを発生させます。



（1）ボイラーと焼却炉

バイオマスを単に燃やすだけでは効率的にエネルギーを取り出すことができません。最適な燃焼管理を行いつつ熱を最大限に回収する装置をボイラーと呼びます。熱回収に頼着

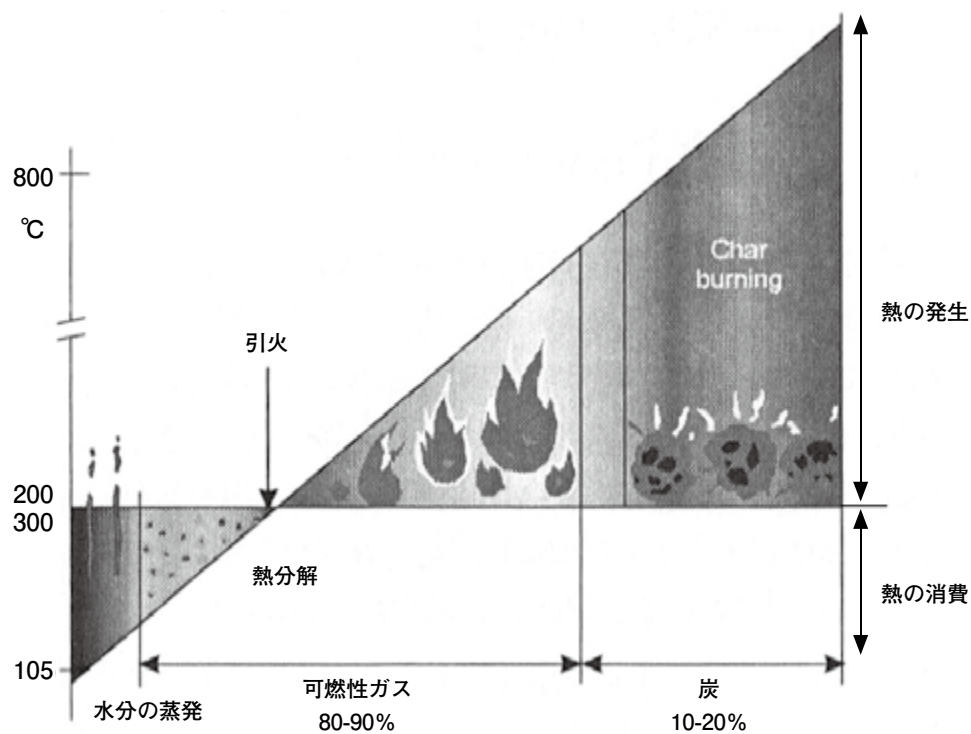


せずに減容だけを目的とした装置は焼却炉です。日本では、焼却炉の発想の延長で設計されたボイラーもあります。その場合、本来のボイラーに比べエネルギー効率が劣るので、注意が必要です。

(2) 燃焼のプロセス

では、燃焼とはどのような手順で進むのでしょうか。木質バイオマスの燃焼はバイオマスが空気中の酸素とすぐさま反応して起こるのではなく、実際は温度によっていくつかの段階に分かれて進行します。そして、物を燃やすためには、「燃料」と「空気（酸素）」、「熱源」が必ず必要です。今後、木質ボイラーなど燃焼機器を導入して運用しようとする担当者にとって、燃焼の原理を理解することは、どうして自動車が動くかをドライバーが知っていなければならないのと同様、非常に重要な基本事項なのです。

図表 7.2 木質バイオマスの燃焼と発熱



Source: VTT Energy

(出所) Wood fuels basic information pack, 2000に筆者加筆

燃焼の第一ステップとして、バイオマスに外部から熱を与えると水分の蒸発が始まって、100℃に達する辺りで絶乾状態になります。つまり、水分が多ければ多いだけ、乾燥にエネルギーを必要とします。200～300℃にかけてバイオマスは緩やかに熱分解を始め、水蒸気や二酸化炭素のような不燃性ガスと一酸化炭素、メタン、エタン、水素のような可燃性



ガスが発生します。バイオマスの表面は黒く変色し、変形し炭のようになります。この状態になるまで、外部から熱を与え続けなければなりません。

バイオマスの種類にもよりますが、250℃を超えると急速に熱分解が始まり、可燃性ガスの生成も一挙に増大します。これによりバイオマスは引火します。通常、引火温度は300～350℃です。

350～400℃でガスの状態の揮発性成分（一酸化炭素、水素、その他炭化水素類）の放出量が最大化します。揮発性成分はバイオマスに含まれる可燃成分の75%にも達することから、バイオマスの燃焼は主にガスの燃焼といえます。

400℃になると熱分解ガスの生成が終了し、450℃までの温度でタール分が生成、ガス化します。また、これ以降は炭が急激に形成されます。この段階に達すると、燃焼によって熱エネルギー（一部は光として）が生み出され、連鎖反応に必要なエネルギーも自己完結します。

800～900℃では可燃性ガスがほとんど存在せず、固体の炭素（木炭）が残ります。高温加熱した炭は強力な還元力をもつため、酸素と激しく反応して水素や一酸化炭素を発生します。このガスが燃えることが炭の燃焼です。これによって、バイオマスのエネルギーを最大限引き出すことができます。

バイオマスの燃焼とは、可燃性ガスと炭の燃焼であり、一連の反応が連続的に起こることなのです。

Ⅱ. 効率的な燃焼と空気

焼却が目的でないのならば、良い燃焼とは最大限のエネルギーを取り出すことであり、効率的な燃焼が不可欠です。そのためには所謂「3つのT」が重要となります。それは、燃焼の時間（Time）と温度（Temperature）と乱流（Turbulence）といった要素です。時間と温度は前項の説明で理解できると思いますが、乱流については可燃ガスを適切に空気と混ぜることだと理解してください。

（1）空燃比

これらの要素を最適化するためには空気のコントロールが欠かせません。空気と燃料との質量比を空燃比とよび、完全燃焼に必要なだけの酸素を含む空気量を理論空気量といいます。バイオマスの空燃比は6.3（バイオマス 1 gに対して空気6.3g）です。参考までにガソリンの空燃比は14.7、石炭は11.4、エタノールは9.0です。

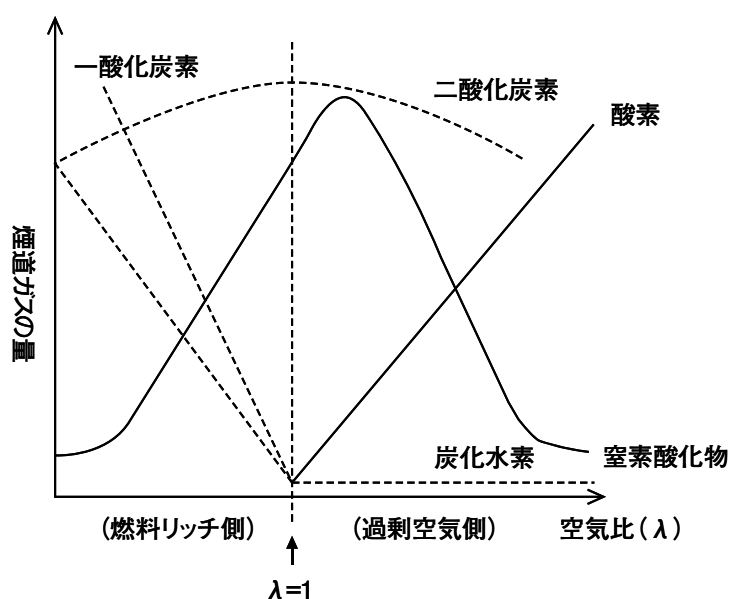
（2）空気比

実際の空気量を理論空気量で除した値を空気比（空気過剰係数）と呼びλ（ラムダ）で表します。計算上、空気比1が最適な燃焼状態ですが、実際には少し過剰に空気を供給し

ないと完全燃焼しません。バイオマスの場合、最適な空気比は1.25～1.40となります。

空気比が1よりも小さくなると燃焼に必要な酸素を供給できないため不完全燃焼につながり、一酸化炭素や炭化水素が発生し、煙突から紫煙・黒煙が出ます。また、空気量は多すぎても燃焼に不必要な空気が増えるため、排ガス量が増加し、熱損失につながります（エネルギー変換効率が悪くなります）。

図表 7.3 空気比と燃焼ガス量の関係



（出所）Biomass Boiler Design, D. Harfield et al., 2011に筆者加筆

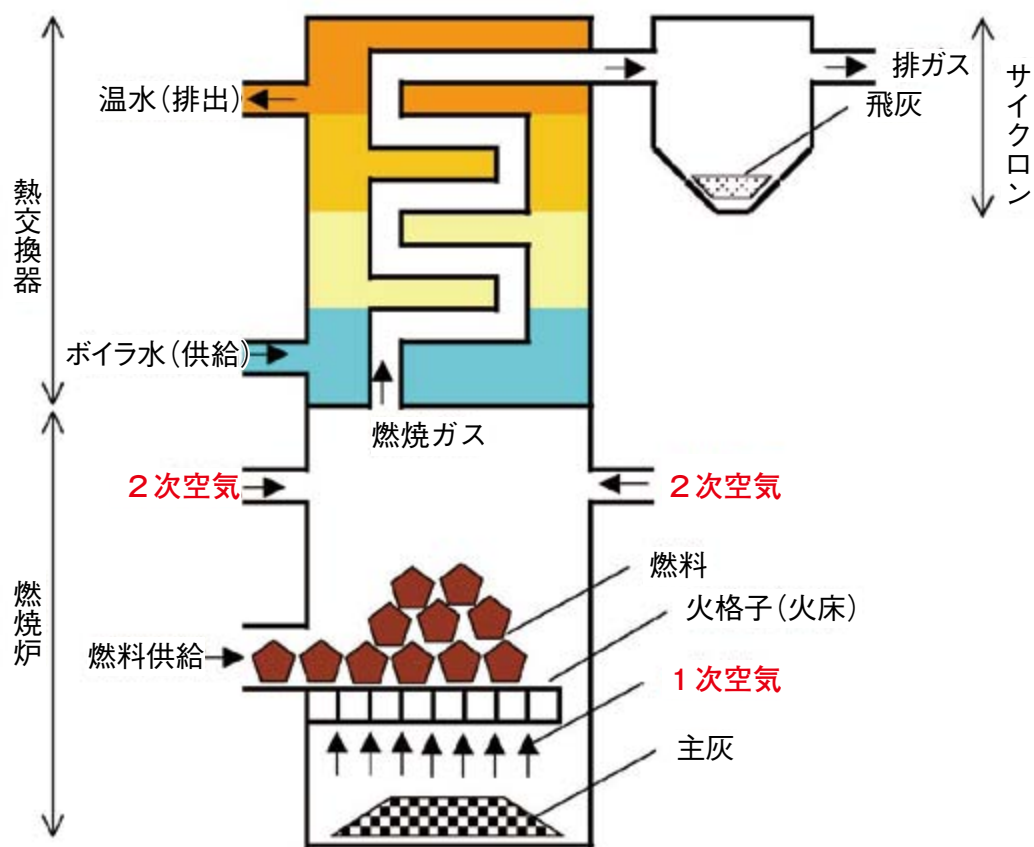
欧州製のバイオマスボイラーには煙道にラムダ・センサ（ O_2 センサ）が取り付けられています。燃焼の具合は酸素濃度に現れるため、この装置によって排ガス中の酸素濃度を計測し、燃焼を最適化しているのです。

（3）効率化のための工夫

また、空気の供給は、その絶対量もさることながら、どのような段階で供給するのかといった設計も効率的な燃焼にとって大変重要です。したがって、バイオマスの燃焼装置では最適な炉の構造を設計し、燃料の投入方法や空気の供給方法（1次空気、2次空気、場合によっては3次空気）を工夫して燃焼を管理しているのです（図表 7.4）。加えて、供給する空気を予め予熱する（空気予熱器という）ことで熱損失を少なくするなど、先進的な燃焼機器においては様々な工夫がなされています。



図表 7.4 ボイラーの模式図（炎管ボイラー）



(出所) 小島作成

Ⅲ. 効率的な燃焼と燃料の質

効率的な燃焼のためには、ボイラーだけでなく燃料の品質も大変重要です。バイオマスが石油やガスなどの化石燃料と大きく違う点は、燃料に大量の水が含まれていることです。当然のことながら水は燃えません。そればかりか燃焼のためには燃料中の水分を蒸発させる必要があるため、湿った燃料はそれだけ熱量が小さくなってしまいます。それゆえ、できるだけ水分の少ない燃料が理想的です。

(1) 灰の量

灰は燃料に含まれるミネラルや重金属などの不燃物であり、その比率は灰分（カイブン）で示します。灰は燃えないため灰分の多寡は発熱量に影響を及ぼすほか、燃焼機器に対して悪影響を与え、メンテナンスの手間が増加します。したがって、灰分の少ない燃料が理想的です。灰は発生箇所によって2種類あり、燃焼室の底部から排出されるものがボトム・アッシュ（主灰）で、実際には未燃物（炭状の燃えカス）やクリンカ（珪素が高温でガラス化した固形物）を含みます。もう1つは煙道のサイクロンから排出されるフライ・アッ



シュ（飛灰）で、重量の軽い灰で構成されます。重量比では主灰が圧倒的に多く排出されます。灰分は量だけでなく、その組成や融点（何℃で溶け出すか）もランニングコストに関係します。

（２）エミッション

燃焼によって煙突から排出される大気汚染物質（ガス）の総称がエミッションです。二酸化炭素以外に、ススなどの粒状物質（PM）や一酸化炭素、炭化水素、窒素酸化物、硫黄酸化物、塩化水素、ダイオキシンなどがあります。エミッションを低下させるためには、ボイラーの最適な構造、空気量などの管理、燃料の品質に注意が必要です。

（３）ボイラーの耐久性

さらに、燃料の品質はボイラーの耐久性に影響を及ぼします。腐食をもたらす要因は燃料中の塩素分と硫黄分です。塩素分は樹木の葉にも若干含まれていますが、注意が必要なのは海水起源の塩や塩化ビニルなどの廃棄物です。塩素ガスは腐食性が非常に高いため、管体や煙道を強力に酸化させる作用を持っています。一方、硫黄分は低温部において硫酸に変化し管体を腐食させますが、木質バイオマスの硫黄分は微量なのであまり気にしないで良いでしょう。

IV. ボイラーと燃焼炉

バイオマスのボイラーは性能（効率、環境、安全）やデザイン、種類、メーカー数、生産量といった点で欧州製が日本を含む他地域を圧倒しており、日本の20年ほど先を進んでいます。その理由は、欧州が伝統的に石炭を中心とする固体ハンドリング及び燃焼技術を得意としており、その技術をバイオマスに受け継ぎ発展させてきたことや、1990年代からの政策としてバイオマスのエネルギー利用を積極的に展開してきたことから、マーケットが発達した結果です。ここでは欧州を参考に記します。また、ボイラーの出力を表す単位として、kW（キロワット）で示します。

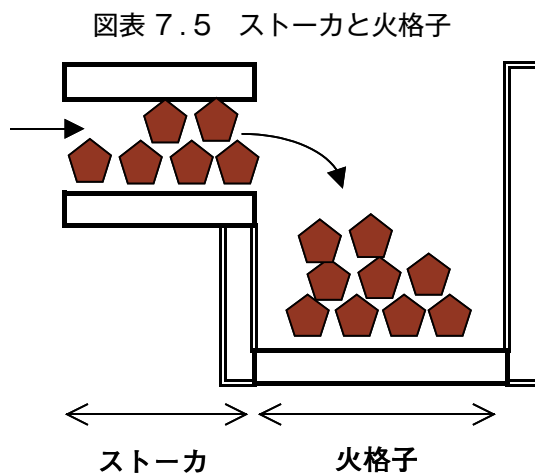
（１）ボイラーの構造

ボイラーは燃焼室（炉）と熱交換器で構成される装置です（図表 7.4参照）。バイオマス燃料は種類によって形状や水分、灰分などの品質が大きく異なるため、様々な炉が開発されています。日本では「なんでも燃やせるボイラー」などと宣伝しているメーカーもありますが、そのようなものは世の中に存在しません（それは焼却炉です）。また、ボイラーには熱交換器が不可欠ですが、利用者が必要とするエネルギーの種類により、温水（低温、中温、高温）や蒸気など熱媒体が異なります。



（２） 燃焼炉の構造

燃焼炉はストーカ（給炭機）と火格子（グレート）で構成されます。ストーカのタイプはバイオマスの投入方法、火格子タイプは燃焼方法を規定します。ストーカ方式と火格子方式の選択は燃料の品質やボイラーの容量によって決定されます。特に火格子は燃料の品質（形状、水分、灰分）によって様々なタイプが存在しています。



（出所）小島作成

① 火格子

火格子は固定床とも呼ばれ、文字通り固定されたレンガや金属によって構成されています。この場合、ストーカはバッチ式（ドアを開けて投入する方法）が一般的で、薪ボイラーや製材所にある所謂木屑焚きボイラーに多く採用されています。安価ですが、高い水分の燃料には対応できず、またエミッションも多めです。

② 振動火格子

これは火格子タイプ①の進化形です。揺り動かすことで空気との反応性を高めることで高効率化、低エミッション化を図っています。

③ 階段振動火格子

これは火格子タイプの最終形で、階段状にした火格子の高いところからスクリー式のスロープにより燃料を投入します。高い水分の燃料を徐々に乾かしながら効率的に燃やすことが可能ですが高価でもあります。このタイプは、乾いた燃料が入った場合に火格子の過熱を防止するための水冷式もあります。

④ ポット式

ポット式はペレットストーブや小型ペレットボイラーで採用されている燃焼方式で、水分や灰分の少ない高品質な燃料を小さな容量で効率的に燃やすことに適しています。多少灰分の多い燃料に対応するため、クリンカ除去装置を備えたタイプもあります。

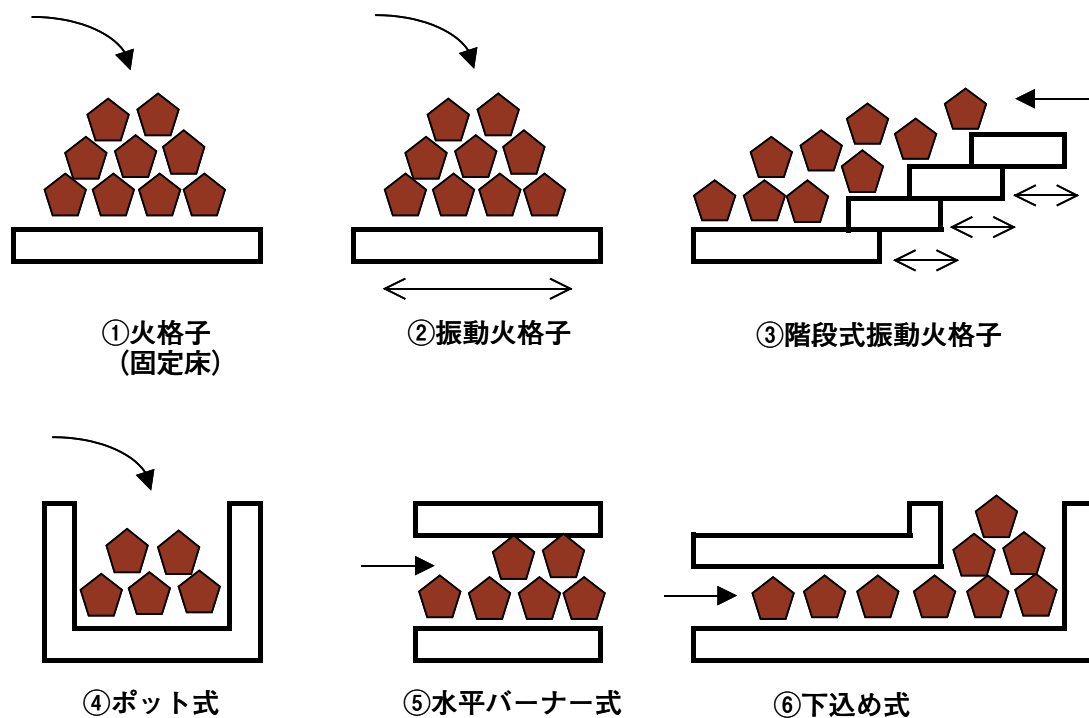
⑤ 水平バーナー式

これもペレットに適した燃焼方式で、小型ペレットボイラーや農業用ペレットボイラーなどに採用されています。既存の石油ボイラーのバーナーだけ取り替えてバイオマス転換される場合もあります。

⑥ 下込め式

これは水分と灰分の少ないチップやペレットの燃焼方式として、小型から中型まで幅広く採用されています。スクリー式のスーカと火格子が一体となっており、安価で堅牢、信頼があります。しかしながら、水分の高い燃料には対応できず、また発停時のエミッションも多めです。

図表 7.6 様々な燃焼方式



(出所) 小島作成



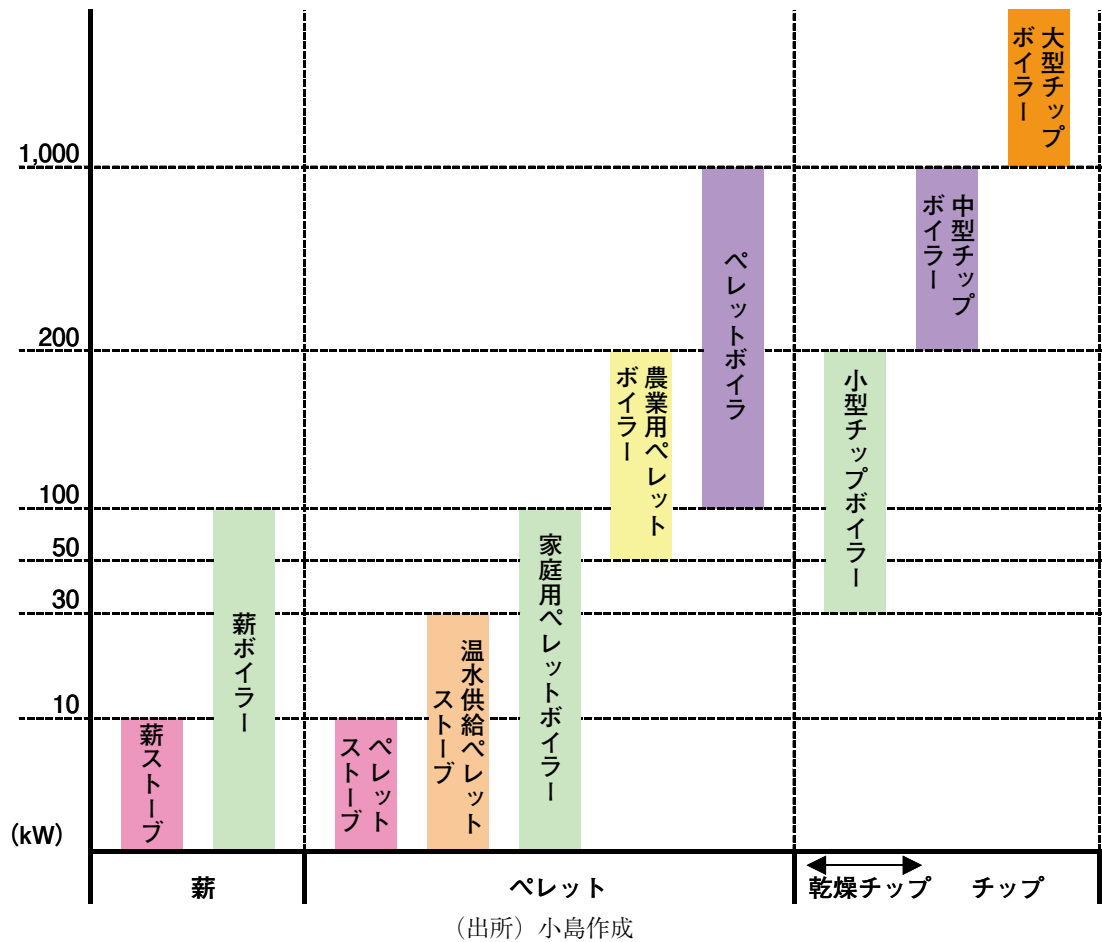
V. 様々なボイラーの特徴

家庭を中心とする住宅の暖房部門で主に使用される小型ボイラーは炉と熱交換器が一体になった状態で販売されており、これをパッケージ型ボイラーと呼びます。これはメーカーの製造ラインで計画量に応じて生産されます。

中型ボイラーになると炉と熱交換器は別々に設計製造されているので、様々なタイプの炉と熱交換器を組み合わせることが可能となります。同じメーカーから販売されているパッケージ型ボイラーでも、実は炉と熱交換器はいくつかのパターンで設定が可能となっています。多様なバイオマス燃料に対して低エミッションな燃焼と高効率なエネルギー回収を行おうとすると、最適な炉の選択が不可欠なのです。

また、発電所などの大型ボイラーになるとラインでは製造できないので受注生産となります。ボイラーの熱容量が大きくなるため、炉のタイプはある程度限られますが、利用者が使おうとする燃料の種類や必要とするエネルギー（この場合蒸気が主流となります）に応じて専用の設計がなされます。

図表 7.7 燃料とボイラーの組み合わせ





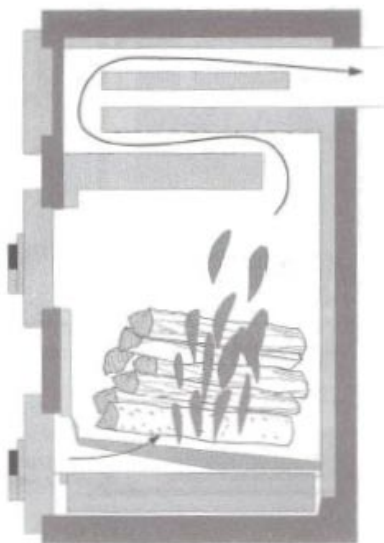
(1) 薪ボイラー (<100kW)

薪ボイラーの歴史は日本でも古く、風呂用の薪ボイラーは今でも農村で数多く利用されています。また、震災後は薪が見直されつつあります。薪ボイラーは欧州でも伝統的で、薪はバッチ式（扉を開いて人が手で投入する）で供給されます。最近ではブリケットなどを用いた自動化や薪とペレットのハイブリッドタイプも商品化されています。

最も古典的なスタイルの上方通風式の薪ボイラーは、単純かつ安価な家庭用暖房給湯機器です。多くの場合、燃焼に必要な空気は自然に供給される仕組みを採用しており、1次空気は燃料の下部の火格子に、2次空気はガスの燃焼部分に供給されます。灰は火格子の下に溜まります。

この方式の場合、ボイラーの低負荷時には未燃による炭化水素のようなエミッションが比較的多く発生します。環境負荷の小さな最適燃焼を達成するためには、定格出力での運転が望ましいといえます。したがって、欧州では薪ボイラーは貯湯槽とのセットで運用することで、ボイラーの負荷を安定化させ、エミッションを最小化するようにしています。

図表 7.8 伝統的な薪ボイラー（上方通風式）

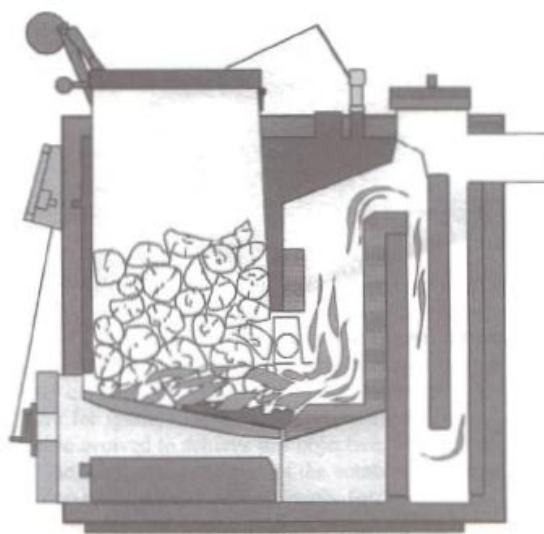


（出所）Biomass Combustion & Co-firing, S.V Loo & J. Koppejan, 2008

改良型の薪ボイラーは、炉の構造を見直すことで、より少ない薪で高効率、低エミッションの燃焼を可能としています。燃料をホッパーに詰め込むと、低部でガス化して別室で燃焼します。燃料は薪のほかにブリケットやチップを用いることも可能です。通常、燃焼に必要な空気は自然通気ですが、電気ファンで燃焼空気を供給したり、排気ファンで燃焼ガスを引いたりする機種もあります。導入費は古典的なタイプに比べ2倍ほど高価ですが、燃焼が安定しており、低エミッションです。



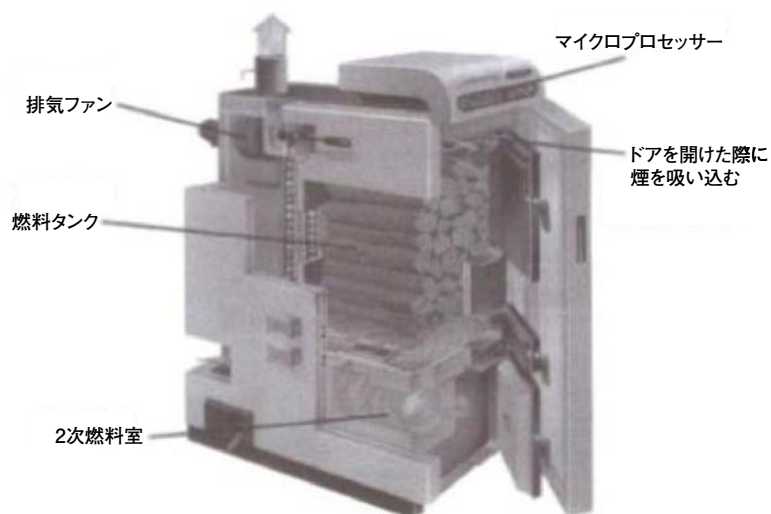
図表 7.9 改良型の薪ボイラー



(出所) Biomass Combustion & Co-firing, S.V Loo & J. Koppejan, 2008

最新型の薪ボイラーは1次燃焼室でガス化させたガスをセラミックあるいは耐熱性の鉄で覆われた2次燃焼室で燃やすことで非常に高い燃焼温度を達成しています。この機構から「ガス化薪ボイラー」と呼ばれています。燃焼に必要な空気の量は、排ガスをラムダ・センサーで計測することで多段階に最適化しており、マイコンによるファジー理論制御と相まってエミッションを非常に低く抑えることが出来ます。しかしながら、ガス化薪ボイラーは改良型の薪ボイラーよりもさらに高価です。日本では試作段階にあります。

図表 7.10 最新の薪ボイラー（ダウンドラフト型）



(出所) Biomass Combustion & Co-firing, S.V Loo & J. Koppejan, 2008



（２）温水供給機能付ペレットストーブ（10～35kW）

一般的に、ペレットストーブは空気の対流（温風）により部屋を暖房します。また、その特徴である炎が見える効果で輻射熱（遠赤外線などの熱線による放射熱）も正面から放射されます。対流熱と輻射熱が得られる点では薪ストーブも同様ですが、近年では温水の供給機能を持つペレットストーブが商品化されています。欧州では確立されていますが、日本では試作段階にあります。

写真 7.1 温水供給機能付ペレットストーブ（ラベリ）と貯湯槽の導入事例（京都府）



（３）小型ペレットボイラー（10～100kW）

家庭用のペレットボイラーは薪ボイラーと基本的な構造は同じですが、燃料の外形が異なるため、薪ボイラーでペレットをそのまま利用することはできません。また、薪ボイラーは燃料を燃焼室に手動で投入しなければなりませんが、ペレットは粒状ですので、スクリーンやエアーによる自動搬送が可能となります。

欧州では2000年代の中頃から、ペレット専焼のボイラーの開発が目覚しく発展しました。燃焼炉（室）や熱交換器も専用に設計され、かつコンパクトで、効率も高く、エミッションも低い製品がオーストリアやドイツ、イタリアなどから販売されており、住宅部門の温水暖房市場において大量に流通しています。例えば2011年のドイツでの小型ペレットボイラー（50kW未満）の年間販売数は15,000台、オーストリアは10,400台でした。残念ながら日本製の製品はありません。



写真 7.2 家庭用ペレットボイラー導入事例

(左：シュミット製（群馬県）、右：テルモロッシ製（和歌山県）)



(4) 農業用ペレットボイラー（50～200kW）

日本において、ペレットは農業分野での利用が広がっています。海外の施設園芸では多くが温水式の暖房ですが、日本では温風式が多く利用されています。ペレット専用開発された温風ボイラーのほか、既存の石油焚き温風ボイラーにバーナーを取り付ける方式も存在します。温風は大口径のビニル製の円筒を通じて温室の隅々に届けられます。

写真 7.3 国産ペレット焚き農業用温風ボイラー（株丸文製作所）



(出所) 株丸文製作所ウェブサイト



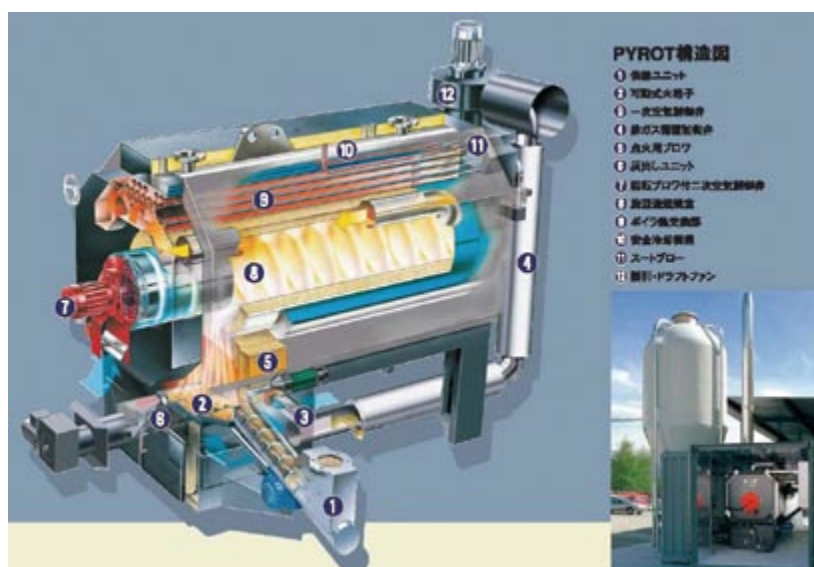
(5) 中型ペレットボイラー（100～1,000kW）

欧州では集合住宅や学校、施設などのブロック暖房や小規模な地域熱供給などに使われています。日本では役場や学校などの暖房のほか、温浴施設の加温などに使われています。

写真 7.4 国産ペレット焚き温水ボイラーとバーナーの構造（二光エンジニアリング）



図表 7.11 先進的なガス化旋回流燃焼ペレットボイラー（KOB社オーストリア）



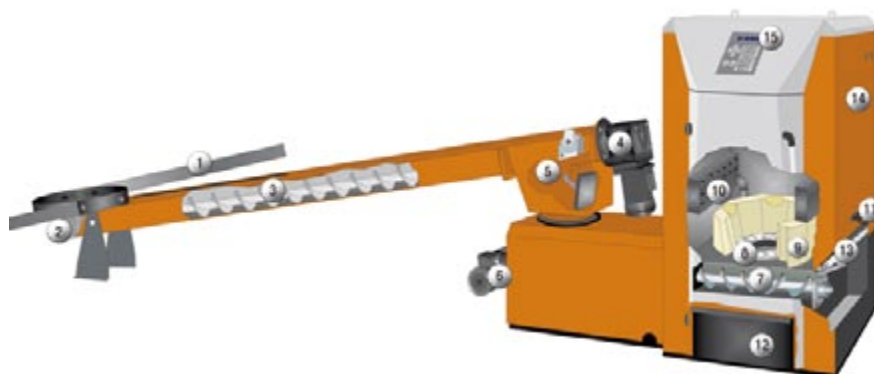
（出所）(株)ヒラカウェブサイト

(6) 小型チップボイラー（30～200kW）

剥皮した切削チップ（ホワイトチップ）は、乾燥済みであればペレットと同様の流動性、少ない水分・灰分といった高品質燃料の要素を満たします。それゆえ、少し大きめの小型ペレットボイラーであればチップを利用できます。燃焼機構は下込め式ストーカが主流です。ただし、サイロや搬送設備はチップ専用のものが必要となります。日本では、低水分の燃料用ホワイトチップの供給ネットワークが整備されていないため、ほとんど普及していませんが、燃料代を考慮すると今後の有望分野といえます。



図表 7.12 小型チップボイラー（シュミット）



（出所）シュミットウェブサイト

（7）中型チップボイラー（200～1,000kW）

このクラスのチップボイラーには大きく3つのカテゴリーが存在します。1つは低水分、低灰分の高品質チップに対応するボイラーです。小型チップボイラーを大型化したもので、燃焼機構は固定床や下込め式ストーカです。ボイラー自体は比較的安価ですが、燃料の品質に敏感です。

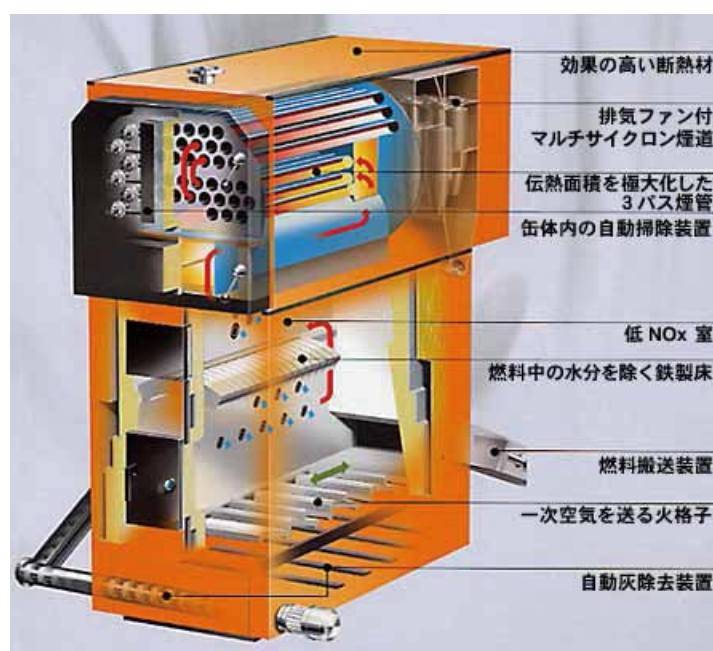
図表 7.13 高品質チップ用ボイラー（左：シュミット、右：(株)タカハシキカン）



（出所）シュミットウェブサイト、ヤンマーグリーンシステム(株)

2つめのタイプは、高い水分のチップに対応できるタイプです。ペレットと違ってチップの品質、特に水分の調整は燃料供給業者の経験や手順で左右されるため、利用側が品質の変動に幅広く対応するためには、ある程度高い水分のチップでも効率的に燃焼させることのできる機構をもつボイラーを選択する必要があります。その場合、振動火格子などにより燃料と空気との反応性を向上させています。当然、ボイラー自体の価格は高品質チップ用ボイラーより高くなりますが、低品質なチップが使えるため、運転経費が安く、燃料調達の安定性にも寄与します。日本製は試作段階です。

図表 7.14 高水分チップ対応型ボイラー（シュミット）



(出所) (株)トモエテクノウェブサイト

3つめはマルチ対応のチップボイラーです。高い水分だけでなく、高い灰分にも対応しており、逆に低い水分（乾燥し過ぎ）にも対応できます。バイオマス燃料の品質は水分が重要な要素ですが、高すぎる水分だけでなく低すぎる水分も時に問題になります。それは燃焼炉が高温になり過ぎるという過熱の問題です。それゆえ、この種のボイラーは火格子や炉壁を水冷式で冷却する装置を備えています（オプション設定）。ペレットやチップだけでなく、バークや製材系の副産物、非木質のバイオマス燃料など多様なバイオマス燃料が利用可能です。日本製はありません。



図表 7.15 マルチ型チップボイラー（シュミット）

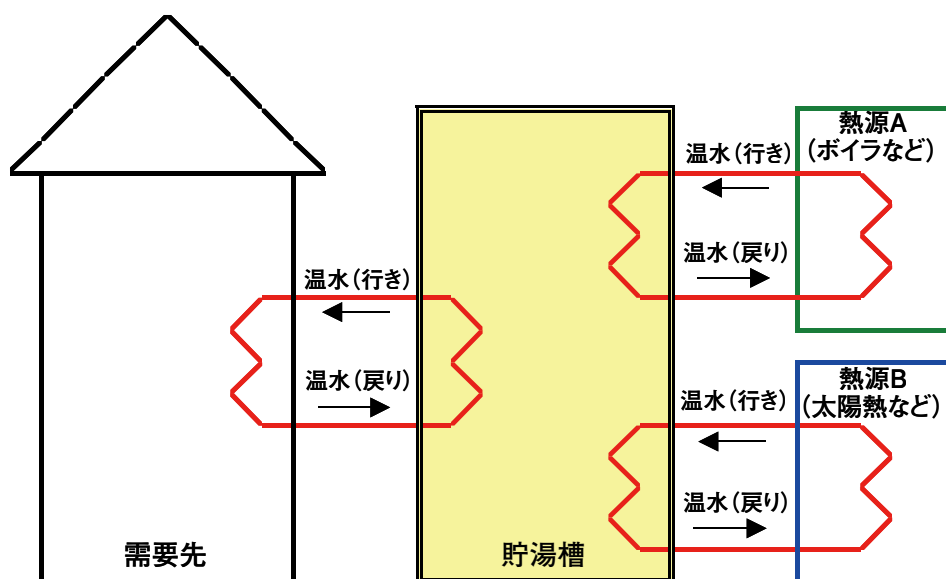


（出所）シュミットウェブサイト

VI. 熱供給システム

家庭用や業務用の暖房・給湯の場合、熱の媒体となる温水はボイラーと貯湯槽（蓄熱槽）の間で熱交換を行うのが一般的です。需要先の家庭や学校、温泉などは貯湯槽から温水を引き込み、熱交換器によって空気を暖房したり、水道水を暖めてお湯を作ったりします。基本的な構造は夜間電力を使うエコキュートなどと同じです（電気でお湯を作るかバイオマスを燃やしてお湯を作るかの違い）。

図表 7.16 貯湯槽と熱源の関係





貯湯槽を媒介するのは以下のようなメリットがあるからです。

- ・蓄熱することで需要変動に対する余裕が生まれ、ボイラーの応答性、環境性、経済性が改善する
- ・様々な熱源（石油、ガス、電気、太陽熱等）を組み合わせることができる

システムの上で根幹となるのは貯湯槽とその管理です。容量の設計もさることながら、どのような温度帯でどのエネルギーを使うのか、ボイラーの発停プログラム、燃料供給のタイミングなど、ソフトウェアの固まりといっても過言ではありません。単に木質ボイラーを導入するのではなく、より上手に木質ボイラーを使うためにも、この辺の設計や運用が重要です。

日本の家庭では温水暖房（あるいはセントラルヒーティング）が定着していないため、この種のシステムを使おうとすると室内に配管を張り巡らし、熱交換器（パネルヒーター）を設置する必要があります。また、効率よく暖房するためには建物の暖房が前提条件になります。日本型のコタツ文化（個別暖房）から欧米型のセントラルヒーティングへと生活スタイルを転換するだけではエネルギーの総需要が増えてしまうので、総需要を以前よりも減らすという「賢い熱利用」のための努力も不可欠です。



VII. 燃料の配送と貯蔵、搬送

暖房システムの円滑な運転のためには、燃料の配送、貯蔵、搬送が不可欠です。ここでは以下のポイントが重要となります。

- ・ 様々な事業者による供給が可能となるよう、標準的な車両による配送を想定した設計とすること
- ・ 迅速かつ単純な燃料の排出機構により、人件費を抑制する
- ・ サイロは外からの水分進入を防ぎかつ内からの蒸発水分を逃がすものであること
- ・ 所与の条件に従い、安全に微粉を放出し管理できるものであること
- ・ 建築基準法や健康・安全基準に即したものであること

(1) 燃料の配送

燃料の配送と受け入れの方法は様々ですが、最終的には以下の条件に従います。

- ・ 燃料種（薪、チップ、ペレット等）
- ・ 立地条件（面積、アクセスの制限等）
- ・ 配送車両（どのような種類の車両が設計上想定されているか、また供給業者の所有する車両の種類）



図表 7.17 燃料の配送方法、特徴

配送方法	写 真	燃料種	容 量	備 考
小袋		ペレット	10~20kg/袋	ペレットストーブ、家庭用ペレットボイラー
バルク車（エア一圧送）		ペレット（チップにも適用可能）	ペレット（15~20m ³ 、10~14t）	欧州の家庭用ペレットボイラーでは標準的
大袋（フレコンバッグ）		ペレット（チップにも適用可能）	1~2 m ³ /袋	日本のペレットボイラーでは標準的
棚詰め		薪		薪の配達方法のひとつ
ビニル包装		薪		薪の配送方法のひとつ（大口需要）
アームロール		チップ	小型から大型まで様々な車両に対応	コンテナが脱着可能、ダンプアップも可能
チップトラック		チップ	大型トラック、トレーラー	主に製紙チップを配送
移動床トラック		原木、チップ	大型トラック	床面が前後に動くことで積荷を自動排出する



(2) 燃料の貯蔵

暖房システム全体の整備費の中で、燃料の貯蔵施設の費用は大きな比率を占めます。貯蔵庫からの燃料の排出機構は確実な構造が求められますが、上屋は雨や雪が入らないだけの簡単なフタでも良く、費用をかける必要は全くありません。

また、その設計は使いやすさに影響します。最適な燃料貯蔵はその場所によって異なりますが、基本的に以下の要素により決まります。

- ・ 燃料供給業者の配送方法との適応性
- ・ 予定地の面積など土地の物理的な環境
- ・ 既存あるいは新設する施設（プラント）との関係
- ・ 景観など外観からの制約
- ・ 燃料の種類による貯蔵量への制約
- ・ 円滑な運転に必要なだけの容量（概ね消費量材積の10日分×1.4）
- ・ 土質、地質的な制約
- ・ 費用

燃料の貯蔵方法は大まかに以下の3種類です。

① 地下もしくは半地下の貯蔵

写真 7.5 地下貯蔵（オーストリア）



写真 7.6 半地下貯蔵（高知県）



② 地上の貯蔵

写真 7.7 チップ（オーストリア）



写真 7.8 ペレット・サイロ（群馬県）



③ ボイラーに燃料サイロが組み込まれた方式

写真 7.9 小型ペレットボイラー (KWB)



燃料貯蔵庫の設計における注意点は以下の通りです。

- ・ 外部からの水分の浸入を防ぎつつ、内部からの通気性を保っていること
- ・ 燃料の重量に対する耐力性（地下の場合は周囲の土からの圧力）
- ・ 単純な燃料計測方法を有すること（ハッチや窓、ウェブカメラ等）
- ・ 関連する建築基準などに合致していること
- ・ 貯蔵庫からボイラーまでの搬送距離をできるだけ小さくすること
- ・ 燃料投入時の安全性を確保すること（例えばストップバーを設ける等）
- ・ 外部から建物等への侵入に対して適切な警備手段を講じること
- ・ 搬送車両から全ての積荷を降ろすだけの容量を確保すること

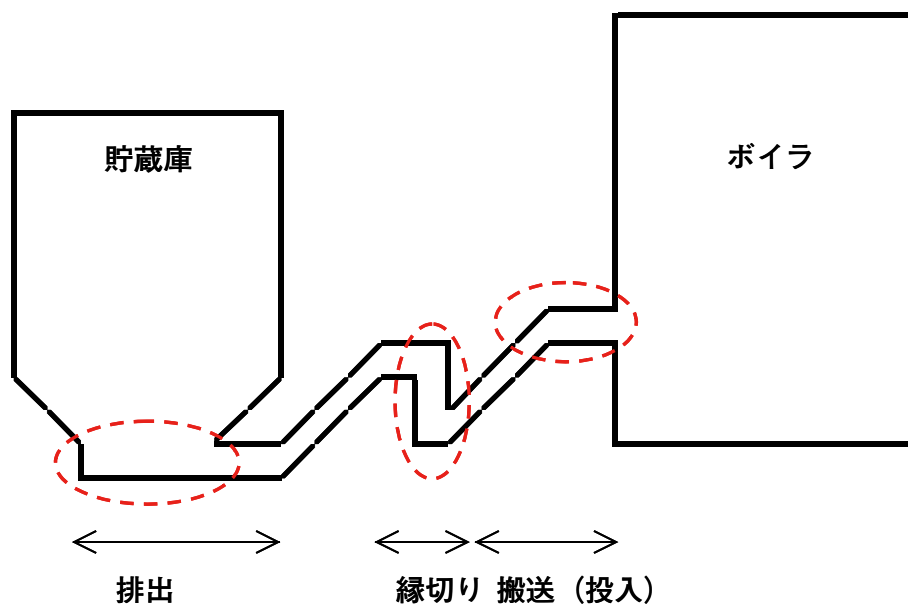
また、チップとペレットは異なる物理特性を有するため、それぞれの特性に配慮した貯蔵が必要です。特にチップはペレットほど流動性がよくないため、注意深く貯蔵庫を設計しないとサイロ内で「ブリッジ」（燃料細片の絡み合いや圧力により、供給装置に燃料が付着する状態）を形成し、燃料を送ることができなくなります。したがって、チップの場合は完全な自動化ではなく、施設の所有者もしくは管理者が若干の人手によって管理することがトラブルの減少につながります。



(3) 燃料の搬送

貯蔵庫からボイラーまで燃料を移動させることを搬送ラインと呼びます。燃料系トラブルのほとんどは、詰まる、ブリッジを形成するといったことによる送り不良です。また、火災を想定した設計が求められます。

図表 7.18 搬送ラインの模式図



(出所) 小島作成

搬送ラインは大きく3つのパートに分かれており、貯蔵庫（サイロ）からの排出、逆火を防止するための縁切り（段差をつける、シャッターやバルブを設ける等）、搬送ならびにボイラーへの投入です。搬送ラインは燃料の種類に応じて設計されます。

写真 7.10 縁切りの例





図表 7.19 排出方法の例

方 式	写 真	特 徴
重力方式		ペレットなど流動性の高い燃料はサイロの形状により自重で落下する（小規模）
回転アーム式		傾斜のついた回転円板に鋼板製のスプリングアームが取り付けられており、チップやペレットを排出（小～中規模）
レシプロ式・チェーン式		油圧で作動する梯子状の鉄骨が床面を往復、またはチェーンにより回転することによりチップを排出（中～大規模）
移動スクリー式		モーターで回転する長いスクリーンが床面を往復することでチップを排出（発電所などの特大規模）
クレーン式		プログラム制御された無人クレーンがカメラと連動しつつ燃料を掴み取りベルトコンベアあるいはホッパーに投入（バークなど繊維が長く水分の高い燃料用）



図表 7.20 搬送方法の例

方 式	写 真	特 徴
エアー圧送式		ファンにより空気輸送する(ペレット、チップ)、交互に吸引するためパイプが2本ある
スクリーュー式		スクリーューにより搬送(チップ、ペレット)
バッチ式		扉を開けて投入する(薪や製材副産物など)
プッシャー式		油圧で押し出されるプッシャーにより投入(工場の副産物など)
ベルトコンベア式		大規模な発電所など

第8章 国内事例調査結果の分析

政策的にバイオマスエネルギー利用を推進する場合は、これまでの事例をよく分析し、課題等を明らかにした上で、適切な対策を講じる必要があります。また、導入を検討している主体は、先行事例を十分に分析し、より効率的で採算のとれた利用の実現を目指すべきです。

いままでも先行事例を紹介する資料はありましたが、そのままでは、具体的な問題点の分析・課題抽出と改善案を導き出すには不十分でした。

そこで、本テキストでは今後の他地域への展開および支援制度の設計へ資するよう、代表的な事例について、収集したデータに基づき事実関係を把握したうえで、課題の整理・分析を行いました。

調査対象は、以下の16事例です（図表 8.1）。事例の選定にあたっては、全国的に代表的な事例の中から、チップやペレット、薪といった燃料の種類や、温水や蒸気、電気といった利用形態などが網羅されるように事例を選定しました。

事例の調査にあたっては、導入の経緯をよく把握するとともに、可能な限り定量的なデータの把握に努めました。しかし、補助金を活用している事例の中にも、設備費の開示がこぼまれるケースが多くありました。今後、日本においてバイオマスエネルギー利用を飛躍的に広げていくためには、問題点の適切な把握に基づく改善案の提示が不可欠であり、そのためにも情報をオープンにしていく必要があります。



図表 8.1 調査対象一覧

事例名称		訪問先 (運営主体)	場所	類型	燃料生産		エネルギー生産			稼働時間	活用補助金等
					燃料種	生産方法の概要	ボイラー	導入施設	用途		
1	クリーニング工場におけるチップボイラー熱利用	(株)北海道健康社	北海道	民間主導型	チップ	・バイオマスボイラー導入当初は建築廃材を燃料として利用していたが、地域貢献を目的として、林地残材由来の燃料チップの製造に着手	蒸気ボイラー（8t/h、タカハシカン製） 蒸気ボイラー（6t/h、タカハシカン製） 蒸気発電機（160kW、KOBELCO製）	クリーニング工場	プロセス利用（蒸気） プロセス利用（蒸気） 電力自家消費	346日/年(夏期9時間/日、冬期8時間/日) 1,150時間	地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業（NEDO、06-08年度） 森林整備加速化・林業再生事業（補助率100%）（林野庁、11年度）
2	保健医療福祉施設及び温水プールにおけるチップボイラー熱利用	栄石町 岩手県営屋内温水プール	岩手県	行政主導型	チップ	・近隣（町内）の森林組合から切削チップを購入	温水ボイラー（100kW、オヤマダエンジニアリング製） 温水ボイラー（200kW×2基、100kW×1基、オヤマダエンジニアリング製=ECOMOS）	保健医療福祉施設（栄石町健康センター） 温水プール（岩手県営屋内温水プール）	熱（床暖房）、ロードヒーティング、給湯 施設暖房、給湯、プール加温	8,760時間 8,760時間	森林・林業・木材産業づくり交付金事業（林野庁、2010年度） 名称不明（林野庁、2009年）
3	農業施設におけるチップボイラーでの蒸気利用	舟形マッシュルーム	山形県 舟形町	民間主導型	チップ	・近隣の森林組合から切削チップを購入	蒸気ボイラー（250kg/h、トモエテクノ製）	農業施設（マッシュルーム工場）	殺菌、施設暖房	8,350時間	モニター事業（林野庁）
4	病院におけるチップボイラー蒸気利用	鹿児島大学病院	鹿児島県	民間主導型		・2011年にチップバーを購入し、チップ化事業を開始 ・原料は、用材を切り出した後の三日月状の背板	蒸気ボイラー（613kW、1t/h、シュミット製）	病院（鹿児島大学病院）	滅菌、給湯、厨房での調理、加湿（冬季のみ）等	10時間/日（6日/週）…稼働後1年以内	鹿児島県補助
5	製材工場におけるボイラー蒸気利用	下仁田木材協同組合	群馬県 上野村	民間主導型	パーク、製材端材	・製材工場で発生する端材及びパークを破砕して燃料として使用	蒸気ボイラー（タカハシカン製、1t/h）	製材工場（下仁田木材協同組合）	木材乾燥	7,200時間	林野庁1/3、群馬県1/10
6	庁舎・福祉施設におけるペレットボイラー熱利用	足寄町	北海道 足寄町	行政主導型	ペレット	・とかちペレット協同組合が生産する、カラムツの林地残材ペレットを利用	ペレットボイラー（580kW×2、二光エンジニアリング製） ペレットボイラー（230kW×2、旭設備製）	役場（足寄町新庁舎） 福祉施設（あしよろ子供センター）	新庁舎及び消防署暖房、ロードヒーティング 施設暖房、給湯	4,320時間（11～4月） 8,760時間（ただし交互運転）	地域材利用促進対策授業（林野庁、2005年） 地域材利用促進対策授業（林野庁、2006年）
7	温水プールにおけるペレットボイラー熱利用	花巻スイングSFやざわ	岩手県 花巻市	民間主導型		・葛巻林業からパークペレットを購入	ペレットボイラー（580kW、二光エンジニアリング製）	温水プール（花巻スイングSFやざわ）	施設暖房、サウナ、ドイラー等熱源、給湯、プール加温	7,800時間	補助金活用なし
8	未利用材からのペレット生産と温泉での熱利用	上野村	群馬県	行政主導型	ペレット	・林野庁「森林整備加速化・林業再生基金事業」（H21～23年度?）を用いて村営のペレット工場を設立し、2010年度からペレット生産を開始	温水ボイラー（200kW、シュミット製）×3台	3温浴施設（やまびこ荘、ヴィラせせらぎ、しおじの湯）	昇温（温泉）、暖房、給湯。	8,760時間	ペレット工場：森林整備加速化・林業再生事業（林野庁、09年度）ボイラー：林業・木材産業緊急対策事業（群馬県、10年度）
9	製材端材によるペレット生産とペレットボイラーによる冷暖房	山梨市街の駅やまなし	山梨県	行政主導型	ペレット	・家族経営の少規模製材・ペレット製造工場（飯島製材所）が、製材端材を活用してペレットを製造	地域交流センター（街の駅やまなし）	地域交流センター（街の駅やまなし）	冷暖房、昇温（足湯）	8,760時間	地域新エネルギー等導入促進事業（NEPC、09年度）
10	温泉宿泊施設における薪ボイラー熱利用	常盤館	長野県	民間主導型	薪（丸太）	丸太を買い入れて、燃料として利用	温水ボイラー（257.00kcal/h、ATO社製）	温泉旅館（常盤館）	昇温、給湯、暖房	不明	補助金活用なし
11	地域材での薪生産及び温泉施設での薪ボイラー利用	檜原村	東京都 檜原村	民間主導型	薪（丸太）	・決められた価格で、木材を購入 ・シルバー人材センターを活用し、フィンランド製の薪割り機で製造	薪ボイラー（80kW、シュミット製）	温浴施設（数馬の湯）	温泉加温	10～12時間/日…稼働後1年以内	地球温暖化対策等推進のための区市町村補助金（東京都、2011）
12	園芸ハウスでの薪ボイラー加温	—	千葉県 南房総市	行政主導型	薪（丸太）	・実証実験段階のため、千葉県森林組合安房支所から無償提供を受けている	薪ストーブ（4,000～40,000kcal/h、石村工業社製＝ゴロン太）	2軒のモニター農家	温室加温	2,880時間/日（冬期のみ）	実証事業中
13	チップ及びペレットによるバイオマス熱利用	下川町	北海道	行政主導型	チップ	・町内集成材工場より、端材チップを購入	温水ボイラー（180kW、シュミット製）	温泉旅館（五味温泉）	昇温（温泉）、暖房、給湯	8,000時間程度（夏期夜間は種火モードにて運転）	二酸化炭素抑制対策事業（環境省、04年度）
						・原料は林地残材、架線支障木、剪定枝等林地残材は町有林から輸送される ・チップ加工場の土場には2年分の材が集積されており、チップ化前に半年程度乾燥させているチップの含水率は50%（ドライベース）に設定している	温水ボイラー（1,200kW、シュミット製）	地域熱供給システム	暖房、給湯	4,320時間（冬期のみ、夜間は種火モード）	環境保全型地域づくり推進支援事業（環境省、09年度）
							温水ボイラー（100kW、580kW、450kW、シュミット製）	町営施設（幼児センター、農業育苗ハウス、高齢者複合施設）	暖房、給湯	不明	
					ペレット	・外部より購入	温水ボイラー（80kW、シュミット製） 温水ボイラー（180kW、シュミット製）	町営住宅（6棟集合） 住宅（エコハウス美桑）	暖房 暖房、給湯	不明 不明	二酸化炭素抑制対策事業（環境省、05年度） 環境省補助事業（事業名不明）
		協和温泉	北海道	民間主導型	チップ	・下川町集成材工場より、端材チップを購入	温水ボイラー（350kW、Nolting製）	温泉旅館（協和温泉）	暖房、給湯	不明・・・導入後1年以内	北海道エネルギーフロンティア事業
14	未利用材チップ生産と地域熱供給システム	最上町	山形県	行政主導型	チップ	・民有林人工林の間伐材の内、C材・D材を原料として、チップ工場にて破砕チップを生産（一部、製材工場の端材も使用）	温水ボイラー（550kW、シュミット製） 温水ボイラー（700kW、シュミット製） 温水ボイラー（900kW、シュミット製） 温水ボイラー（180kW、シュミット製）	町立病院・老人保健施設（ウエルネスプラザ）、近隣の園芸ハウス 特別養護老人ホーム 幼保一元化施設	温水供給（暖房・給湯）及び低温吸収式冷凍機での冷房 暖房・給湯 暖房利用（冬季のみ）	不明 不明 不明	バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（補助率100%）（NEDO、05-09年度） 森林整備加速化・林業再生事業（補助率100%）（林野庁、11年度） まちづくり交付金（国土交通省）
15	木材加工工場の端材を用いたペレット生産・バイオマス発電事業及び地域バイオマス熱利用	真庭市	岡山県	民間主導型	チップ、ペレット	・真庭木材事業共同組合運営のバイオマス集積基地及び森林組合運営のストックヤードを整備し、林地残材、製材端材を集めてチップを生産 ・材を集める仕組みは、「真庭市林地残材活用促進事業」を活用して構築	温水チップボイラー（550kW、シュミット製） 温水ペレットボイラー（450kW、シュミット製） 混焼蒸気ボイラー（2,500kg/h）	市庁舎	冷暖房	4,800時間（200日/年、夜間は種火モード） 不明	地域新エネルギー等導入促進事業（NEPC、09年度） 地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業（NEDO、06-08年度）
					製材端材、樹皮	・銘建工業にて樹皮の乾燥を行い、燃料化を実施	蒸気ボイラー（1,100kg/h、1,650kg/h）	製材工場（小林製材、牧野木材工業）	プロセス利用	不明	*バイオマス集積基地：地域バイオマス利活用交付金事業(林野庁、08年度)
					ペレット	・銘建工業にて集成材加工工程で発生するかんなくず（1日あたり120-140t発生）を利用したペレット製造を実施	冷暖房対応型温水ボイラー（125kW） 温水ボイラー（133kW、日本サーモエナー製） 温水ボイラー（250,000kcal/h、70,000kcal/h）	商業施設（木材ふれあい会館） 温水プール（水夢） 農園ハウス（西村農園、西山農園）	冷暖房 昇温、給湯、暖房 暖房	不明 4,380時間 不明	地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業（NEDO、06-08年度） 地域バイオマス熱利用フィールドテスト事業（NEDO、06-08年度）
					かんなくず、樹皮	・集成材加工工程で発生するかんなくず（1日あたり120-140t発生）を利用	蒸気発電機（20t/h）	木材加工工場（銘建工業）	電力自家消費（昼間）、売電（夜間）	8,640時間（点検除く）	補助金活用なし
		銘建工業(株)									
16	石炭混焼と専焼発電による大規模バイオマス利用とペレットによる中小規模利用	山口県	山口県	行政主導型	チップ	・山口県森林組合連合会が、生産及び運搬を飯森木材に委託	蒸気ボイラー（50万kW×2基、タクマ製）	石炭火力発電所（中国電力新小野田発電所）	発電（混焼）	8,000時間弱	バイオマス受入：林地残材バイオマス石炭混焼発電実証事業（林野庁、2009年）チップバー：森林整備加速化・林業再生事業
				民間主導型	チップ	・飯森木材ら（未利用木材（林地残材等）6割、建築廃材4割）	蒸気ボイラー（1万kW、JFEエンジニアリング製）	バイオマス専焼発電所（ミツウロコ岩国バイオマス発電所）	発電（専焼）	8,000時間弱	経済産業省系の補助金を活用
				行政主導型	ペレット	・山口県森林組合連合会岩国工場でのペレット生産	温水チップ（110kW、シュミット製）	分譲住宅区画（安岡エコタウン）	暖房	8,760時間	バイオマスエネルギー地域システム化実験事業（補助率100%）（NEDO、05-09年度）

注）網掛け部分は、現地で確認ができなかった事例。



I. 国内事例調査に基づくバイオマス利用の課題・ポイントと今後の方向性

(1) 計画段階

① 基本構想

<事例に見る課題・ポイント>

- ◆基本構想で、「経済性の確保」や「環境への配慮」といった要素が検討されていない場合がある。
- ◆合理的な基本構想の策定がポイント。

基本構想がもっぱら、①森林資源の活用や②地域産業への配慮の視点から作成され、③経済性の確保や、④環境への配慮といった要素が検討されていない場合があります。

そのため多くの事例において、経済性の確保のための検討が後付けになっており、採算性に問題があります。

加えて、仕様書や基本設計をボイラーメーカーが作成している事例があり、補助金の申請要件に経営診断の実施が含まれる場合もありますが、バイオマスの専門家でなければ適切な診断は困難です。他方、上野村のペレット生産事業のように、林地残材を原材料とするという厳しい前提条件でありながら、事前の経営診断により、経済性がある程度確保された事例もあります。上野村の事例では、具体的には、地域の森林資源量調査からペレット生産可能量を把握し、これに適合するシステムの規模、ラインを検討しました。この検討結果を仕様としてペレット生産工場整備を発注し、メーカーの一方向的な提案でないシステム構築を実現しました。最後に、ペレット生産工程の収支計算を実施し、その結果をもとにペレット価格が設定されています。

<今後の方向性>

- ◆補助金申請者及び行政への基本的な知識の付与（「実務テキスト」の作成・活用）
- ◆補助金申請時点での専門家によるチェックの有効化（形骸化した経営診断の見直しが必要）。
- ◆事業の運用段階での専門家によるレビュー（事前の設計が最低限のレベル以上であることが必要）。
- ◆チェック&レビューによって以降の事業へのフィードバック。



② 熱需要の把握

<事例に見る課題・ポイント>

- ◆熱需要の量・変動に合わせて適切なシステムが設計されているかがポイント。

採算性の確保のためには、安定した熱需要とボイラーの下、貯湯槽の適切な組み合わせにより、一定の安定した燃焼と稼働率を高めることが不可欠です。温浴施設、温水プールでの温水加温の確保がなされている事例（北海道健誠社（北海道旭川市）・五味温泉（北海道下川町）・花巻スイミングSFやさわ（岩手県花巻市）・水夢（岡山県真庭市）など）では、良好な燃焼が確保されています。

北海道健誠社では、クリーニング工場で蒸気をプロセス利用。年間・日中を通じて安定的な熱需要があり、適切な燃焼と稼働時間が確保され、経済性も高くなっています。このように、温浴施設や温水プールにおける給湯や加温での利用事例では、もともと年間をとおして熱需要があることから、適切な規模で設計されていれば、稼働率も高く、適切な燃焼が確保されます。

他方、夏季の熱需要確保が難しい場合があります。比較的涼しい地域では、思ったような熱需要が確保できず、安定運転に苦労している場合があります。他方、夏の気温が高い地域では、冷房需要も確保されている場合があります（山梨県山梨市：街の駅やまなし＝ペレットボイラー、岡山県真庭市：市役所）。ただし、バイオマスボイラーによる冷房利用はコストが割高になりますので、導入を検討する場合、十分な収支計算が不可欠です。なお、温泉施設などが少ない欧州では、夏の熱需要を確保するのは容易ではなく、停止している場合がほとんどです。

<今後の方向性>

- ◆バイオマスの特性を考慮し、安定的な燃焼（運転）と稼働時間の確保を優先したプランニングの重要性の周知。
- ◆上記のようなプランニングが可能な技術者・専門家の育成。
- ◆具体的には、熱需要の推計方法、ボイラーシステム設計手法の確立。



写真 8.1 北海道健誠社のボイラー建屋（左）、真庭市役所の2基のバイオマスボイラー（右）



（撮影）三菱UFJリサーチ&コンサルティング



③ 燃料調達計画

<事例に見る課題・ポイント>

- ◆ボイラーとチップの組み合わせについて、事前によく理解しないまま、燃料調達計画を立てている場合が見られる。

燃料調達について計画時に見られる一番目の課題は、チップ形状についての情報の未整理です。チップの品質、特に形状（切削チップと破砕チップの特性の違い）が燃焼に与える影響についての認識不足が見られます。具体的には、破砕チップの場合、ボイラーのチップ搬送システム内で、チップが詰まるトラブルが多発しています。

二番目は、水分についての認識不足です。ある蒸気ボイラーの事例では、チップ利用側がボイラーのカatalog値（最高値）を発注時の水分基準として設定したのに対して、実際はチップ水分にばらつきがあり、燃焼のトラブルを頻発させる事態を招いてしまいました。チップ供給者が、従来の製紙チップと同じだと誤解してしまうと、水分管理の必要性を理解せず、製紙用生チップと同様に燃料用チップも供給可能と考えてしまい、トラブルにつながる場合があります。他方、五味温泉（北海道下川町）のように、水分の低下した集成材端材を原料とした切削チップ（水分16%程度）を燃料として採用し、安定的な燃焼を実現している場合もあります。

<今後の方向性>

- ◆燃料用チップの性質の理解促進
（含水率（乾量基準）／水分（湿量基準）の違いや、チップング方法などによる燃焼の違いの整理）
- ◆ボイラーとチップの組み合わせの整理と理解促進

写真 8.2 下川町五味温泉のチップ（左）



（撮影）三菱UFJリサーチ&コンサルティング



④ ボイラー・熱供給システムの選定

<事例に見る課題・ポイント>

- ◆一般的に（とくに輸入品は）、ボイラー価格が高く、採算の取れるモデルケースが整理されていない。
- ◆建屋やサイロが、欧州などに比べてオーバースペックとの指摘がある（規制や補助金規定による高コスト化も疑われており、今後詳細な検討が必要）。

現在、バイオマスボイラーの導入には、補助金が活用されている場合がほとんどです。しかし、問題なのは、100%補助による導入や自治体による施設所有の場合、減価償却や金利、売上げ（稼働時間）確保の重要性が低くなるため、民間への普及のモデルとならないことです。

今後の普及のためには、たとえ自治体による導入であっても、税金負担の重要性を意識し、コスト削減の努力が必要です。例えば、ボイラーの選定にあたっては、可能な限り多くの事例の情報を集め、性能や費用を把握しておくことが重要です。

その中でも、総体的な事業費削減を考慮した建屋やサイロ設計などを見ることができます。例えば、鹿児島大学病院のチップサイロは地下にあります。建屋を省略することで低コスト化を図っています。

他方で、前述の「燃料調達計画」と関連して、燃焼させるチップとボイラーの組み合わせが標準化されておらず、燃料詰まりなどが発生しています。

<今後の方向性>

- ◆ボイラー価格のベンチマーク設定
- ◆建屋やサイロなどの付帯工事のオーバースペックの見直し（とくに補助事業活用の場合）
- ◆チップの特性と組み合わせたボイラー選定の整理・規格化

(2) 運用段階

① 燃料生産一チップ

<事例に見る課題・ポイント>

◆原料の水分管理を適切に行うことが成功のポイント。

燃料生産で最も大切なことは、水分の適切な管理です。

チップ状態での乾燥は、一般的に困難だと言われており、特に林地残材（未利用材）の場合、原料段階での水分管理が基本です。欧州では林道端で自然乾燥した後、現地でチップ化しサイロへ輸送するというシステムが構築されていますが、日本では事例が少なく、チップ生産システムの構築が必要です。現状では、多くの事例において、広い土場に林地残材を集積乾燥させています（北海道旭川市：北海道健誠社、北海道下川町：地域熱供給、岡山県真庭市など）。ただし、複数回の輸送経費、土場管理費等の経費がかかりますことから、今後の改善が必要になります。

また、製材工場の端材のうち背板部分は、生材から製材を作成する段階の副産物であり水分が高くなります。これを乾燥させる土場の確保や、化石燃料による強制乾燥など課題が多くあります。

水分が高いチップを製紙用チップとして販売できるのであれば、原料受入れ時にトラックスケールで重量を測定した際に、製紙用と燃料用に区別して集積しておき、チップ化するという方法をとることもできます。この原理を用いて上手に仕分けをしていたのが、岡山県真庭市のチップ生産所（バイオマス集積地）で、実態としては9割のチップを製紙用に販売し、残りの比較的乾燥したチップを燃料用に販売しています。

なお、ある程度の水分が高い生チップであっても、安定した燃焼スケジュールを確保できるのであれば、ストーカ式などの生チップ対応ボイラーで燃焼が可能です。ただし、より水分の高いチップが混入してくる可能性は否めず、またDSS（＝Daily Start & Stop）運転をする場合などは燃焼効率が著しく低下します。欧州では、大規模でなければ、チップ化後に屋根のある風通しの良い場所で、（場合によっては太陽熱集熱器を用いて）自然乾燥させることも行われ始めており、日本でも研究の必要性があるでしょう。

<今後の方向性>

◆水分の管理方法の整理・確立

- ・水分（重さ）をキーにした製紙用チップと燃料用チップとの考え方の区別
- ・林地残材の乾燥方法の確立と普及
- ・チップ生産方法の確立と、生チップの乾燥方法の確立と普及

◆燃料用チップの規格策定



写真 8.3 真庭市のバイオマス集積基地のトラックスケール(左)、北海道健誠社のチップ土場(右)



(撮影) 三菱UFJリサーチ&コンサルティング

② 燃料生産ーペレット

<事例に見る課題・ポイント>

- ◆副産物によるペレット生産を基本とした生産システムの確立と普及。
- ◆均質で低コストの燃料生産のため、乾燥・成型の各生産システムを構築するには、試行錯誤による現場調整が必要。

現在、日本で生産されているペレットのほとんどが、主産物利用（原材料が間伐材等の丸太）であり、破碎・乾燥にコストがかかり、化石燃料と同等以上の価格でしか燃料供給ができていないのが実態です。この場合、乾燥の調整が難しく品質管理に苦勞する上、製品にはバークが混入せざるを得ないなどの問題も発生しています。

ペレット生産の基本は、製材工場から出るおが粉などを原料とする副産物利用です。日本でも、自社の集成材工場で発生するプレーナー屑を原料にペレットを生産する岡山県真庭市の銘建工業の事例があります。

<今後の方向性>

- ◆製材工場や集成材・プレカット工場などの乾燥原材料を利用したペレット生産工場整備の検討。
- ◆主産物利用から副産物利用への転換。



③ ボイラー運転

<事例に見る課題・ポイント>

- ◆ バイオマスボイラーは、負荷の変動に応じて即座に出力を上下させることが困難なため、原則として24時間連続の安定した稼働が望ましい。
- ◆ 日変動が少ない稼働スケジュールの実現、また日中のみの運転の場合でも安定的な稼働の維持がポイントである。

負荷追従性の低いバイオマスボイラーにおいて、負荷の変動に応じて出力を上下させるのは難しいばかりか、不完全燃焼等に繋がり、ボイラーに過剰な負荷がかかり、故障にも繋がります。

また、DSS運転（Daily Start & Stop運転）による問題も無視できません。例えば、今回調査を行ったある温浴施設では、夜間の熱需要がないことからDSS運転を実施していますが、毎朝の稼働開始時に熱量不足を補うため併用するバックアップの化石燃料ボイラーの稼働率が高くなり、思うような化石燃料の削減に繋がっていません。また、夜間の熱需要がない場合、種火モードの使用事例がありますが、水分の高い燃料では、そもそも種火モードによる燃焼は維持できず、不完全燃焼や鎮火、ボイラー清掃頻度の増加などのトラブルにつながっています。

ボイラーと貯湯槽の組み合わせにより規模を最適化し、夜間には貯湯槽用に運転するのが、本来のバイオマスボイラー利用です。

<今後の方向性>

- ◆ 安定運転できるシステム構築
 - ・ 熱需要の把握や燃料の品質とボイラーの相性など、計画段階のポイントを抑えることが重要
- ◆ ボイラーシステムにマッチした稼働
 - ・ 特に高水分率のチップが燃焼可能な移動床式ボイラーは連続運転が基本。（種火モードは課題が多い）
- ◆ 安定したベース熱源としてのバイオマスボイラー利用、および、需要増加時のエネルギー調達のためのバックアップボイラーの効果的な利用



④ 維持管理

<事例に見る課題・ポイント>

◆適切にボイラーを運転することにより、維持管理費を低く抑えることができる。

メーカーに全ての保守・点検を委託してしまうと、一般的に高額となり、思ったようなランニングコストの削減が実現できない恐れがあります。

そこで、管理者自らがボイラーのメンテナンスを行うことで維持管理費を削減することを検討してみることも大切です。例えば、山形県舟形町における、舟形マッシュルームにおいては、排気温度の上昇は熱交換の悪化を意味するため、これを確認し清掃の時期を決定したり、循環水の状況（色・スレッジ混入）を確認して清掃を実施しています。

<今後の方向性>

◆バイオマスボイラーの特性（負荷追従性が低く、安定運転が基本）や、日常的な保守・点検についての 適切なガイダンス／トレーニングの実施

II. まとめ

日本国内の事例調査から明らかになったことは、経済性確保のための検討・取組が不足していることが最大の問題であるということです。ただし、経済性の検討に必要な情報が不足していることも関わっていますので、今後はより幅広く情報を整理していく必要があります。

また、活用可能な助成がハード面に集中し、計画・設計、設備導入、運用などに係るソフト面の支援がなく、検討を開始できていないような地域や事業者も多々あります。そこで、以下のようなソフト面の支援重視への転換が必要であると考えられます。

- ・各地個別の取組のシステム計画・設計に係る支援（専門家による経営診断実施など）
- ・取組普及に向けた情報整備（製品情報、価格等のベンチマーク、燃料種ごとのシステムなど技術的な情報の整理・ガイダンス開発など）

ソフト面での支援が行われ、経済性の確保を目指すことにより、コスト低減に向けた技術改良が進み、取組の普及につながる可能性を持っています。

最後に、現状での設備費用の高さを考えると、少なくとも当面の間は補助が不可欠でしょう。助成にあたっては取組計画のチェックおよび取組実施後の成果のレビューを適切に実施し、それらの知見を積極的に公開していくべきだと思われます。



第9章 参考資料

(1) 関連法規等

①主な関連法規

法規の名称	概 要	手続き	規制条件等
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	産業廃棄物の収集、運搬、処理を行う場合	許可	・ 焼却能力200kg/h以上、または火格子面積2m²以上 ・ 廃棄物を引き取って処理する事を業とする ・ 破砕能力が5t/日以上
電気事業法	一定規模以上の発電施設の場合	許可 届出	・ 事業許可、電気工作物の届出、特定規模電気事業の届出、保安規定の届出、工事計画の認可等
エネルギーの使用の合理化に関する法律（省エネ法）	エネルギーを一定以上利用する施設では有資格者が必要	届出	電力を600万kWh/年以上又は熱を原油換算で1,500kL/年以上利用する施設（施設内での自家消費分は除く）
大気汚染防止法	一定規模以上の施設について規制値あり	届出	伝熱面積10m ² 以上、またはバーナー燃焼能力重油換算50L/h以上
騒音規制法	一定規模以上の施設について規制値あり	届出	原動機の定格出力が2.25kW以上
振動規制法	一定規模以上の施設について規制値あり	届出	指定地域内の施設で定格出力2.2kW以上
特定工場における公害防止組織の整備に関する法律	公害防止統括者、公害防止主任管理者、公害防止管理者の選任	届出	ばい煙発生施設 1. 大気汚染防止法による「ばい煙発生施設」のうち、有害物質を発生させる施設（14種類指定されている）を設置している工場 2. 工場全体の「ばい煙発生施設」からの排出ガス量が10,000Nm³/時以上の工場 特定粉じん発生施設 大気汚染防止法による「特定粉じん発生施設」 一般粉じん発生施設 大気汚染防止法による「一般粉じん発生施設」 汚水等排出施設等 水質汚濁防止法による「特定施設」のうち「汚水等排出施設」（として指定されている74種類の施設）が設置されている工場の中で、 1. 有害物質を排出する施設を設置している工場 2. 排出水量が1,000m³/日以上以上の工場 騒音発生施設 1. 機械プレス(呼び加圧能力が100t以上のもの) 2. 鑄造機(落下部分の重量が1t以上のハンマー)



			振動発生施設 1. 液圧プレス（矯正プレスを除く。呼び加圧能力が300t以上のもの） 2. 機械プレス（呼び加圧能力が100t以上） 3. 鋳造機（落下部分の重量が1t以上のハンマー）
労働安全衛生法	一定規模以上のボイラーがある場合	届出	貫流ボイラー伝熱面積5m ² を超え10m ² 以下
消防法	燃料貯蔵量が一定数量以上の場合	届出	・ 指定可燃物10m ³ 以上の燃料保管 ・ 外部への指定可燃物の表示と保管場所に消化器類を常備
熱供給事業法	他施設へ一定規模以上の熱供給を行う場合	許可	21GJ/h以上 （=5,834kW=502万kcal/h以上）
水質汚濁防止法	水質汚濁に関する規制値	届出	1. 特定施設を設置する事業場等（特定事業場）から公共用水域に排出される水 2. 有害物質使用特定施設から地下に浸透する汚水等を含む水（特定地下浸透水） 3. 貯油施設等を設置する事業場から事故により排出される油 以上の1～3に該当する事業所等はこの法律の適用を受ける
電気事業者による再生可能エネルギー電気の調達に関する特別措置法	固定価格買取制度で売電する場合	認定	再生可能エネルギー発電設備の認定

②主なガイドライン

名 称	概 要	
発電利用に供する木質バイオマスの証明のためのガイドライン	固定価格買取制度で売電する場合	間伐材等由来の木質バイオマスや一般木質バイオマス由来であることの証明に取り組むに当たって留意すべき事項等を記載



(2) チップの欧州規格

EN14961非産業用の木質チップの粒度

粒度 (P)	最小限75%のチップの割合	微粉の割合 重量%(<3.15mm)	粗い粒子(重量%)、粒の最大長(mm)、 横断面の最大面積 (cm ²)
P16A	$3.15 \leq P \leq 16\text{mm}$	$\leq 12\%$	16mm超は3%以下、全てが31.5mm未満、オーバーサイズの横断面積は1cm ² 未満
P16B	$3.15 \leq P \leq 16\text{mm}$	$\leq 12\%$	45mm超は3%以下、全てが120mm未満、オーバーサイズの横断面積は1cm ² 未満
P31.5	$8 \leq P \leq 31.5\text{mm}$	$\leq 8\%$	45mm超は6%以下、全てが120mm未満、オーバーサイズの横断面積は2cm ² 未満
P45	$8 \leq P \leq 45\text{mm}$	$\leq 8\%$	63mm超は6%以下で100mm超は最大3.5%迄、全てが120mm未満、オーバーサイズの横断面積は5cm ² 未満

(出所)「森林組合No.511 (EN14961-4から抜粋, 小島健一郎)」より

EN14961非産業用の木質チップの規格

	単 位	A1	A2	B1	B2
出所と種類		・根を除く全木 ・幹材 ・非化学処理木材の残渣 ・伐採残渣、堆積した広葉樹の葉	・根を除く全木 ・幹材 ・非化学処理木材の残渣 ・伐採残渣、堆積した広葉樹の葉	・森林、植林、その他無垢材 ・非化学処理木材の残渣	・木材加工産業の副産物と残渣 ・使用済み木材
粒度 (P)	mm	表3より選択	表3より選択	表3より選択	
水分 (M)	湿量%	M10 ≤10 M25 ≤25	M35 ≤35	明記のこと	
灰分 (A)	乾量%	A1.0 ≤1.0	A1.5 ≤1.5	A3.0 ≤3.0	
真発熱量(Q)	MJ/kg	Q13.0 ≥13.0	Q11.0 ≥11.0	明記のこと	
かさ密度 (BD)	kg/バルクm³	BD150 ≤150 BD200 ≤200	BD150 ≤150 BD200 ≤200	明記のこと	
その他	窒素、硫黄、塩素、砒素、カドミウム、クロム、銅、鉛、水銀、ニッケル、亜鉛についてB1ならびにB2については基準値が存在する (A1とA2には基準なし)				

(出所)「森林組合No.511 (EN14961-4から抜粋, 小島健一郎)」より



(3) エネルギー単位と換算

①エネルギー単位の換算

1 ワット (W) = 1 ジュール毎秒 (J/s)

1 ワット時 (Wh) = 3,600ジュール (J)

1 ジュール (J) = 0.2389カロリー (cal)

1 カロリー (cal) = 4.1855ジュール (J)

kWh (キロワット時)	MJ (メガジュール)	kcal (キロカロリー)
1	3.6	860
0.27778	1	238.9
0.00116	0.004186	1

②石油・ガスのエネルギーと単位の換算

区分/単位	kWh	MJ
重油/1リットル	(10.9) 10.3	(39.1) 37.1
灯油/1リットル	(10.2) 9.7	(36.7) 34.9
L Pガス/1m ³	(27.9) 25.8	(100.5) 93.0

上段：(高位発熱量)、下段：低位発熱量

③木材のエネルギー

木材の発熱量（絶乾ベース） 単位：MJ/kg

樹種	材	樹皮	樹種	材	樹皮
トドマツ	20.18	—	ユーカリ	20.02	17.27
エゾマツ	20.26	—	クヌギ	19.93	20.75
カラマツ	20.87	20.40	コナラ	19.41	19.56
ベイマツ	21.39	23.48	シラカシ	19.53	18.51
ベイツガ	19.76	22.78	クリ	19.67	19.94
ベイスギ	22.57	20.22	イロハモミジ	19.61	18.17
ニセアカシア	19.69	20.83	オオバヤナギ	19.65	19.43
ミズキ	20.01	19.29	ハンノキ	19.64	20.63
改良ポプラ	20.01	19.91	ミズナラ	19.65	20.89
サワグルミ	19.51	18.82	ハルニレ	19.54	17.37
シラカンバ	20.08	22.48	イヌエンジュ	19.75	23.37
アカシアモリシマ	20.79	20.59	センノキ	19.78	19.80

(出所)「木質工業ハンドブック」独立行政法人森林総合研究所監修より



(4) 木材の比重とチップの体積換算

【参考】水分別の木材比重

水分 (%)	含水率 (%)	材積1m ³ 当たりの比重 (t/m ³)											
		スギ	ヒノキ	エゾ マツ	カラ マツ	アカ マツ	キリ	カツラ	シナ ノキ	ブナ	ミズ ナラ	マカン バ(ウダ イカンバ)	アカ ガシ
0	0	0.34	0.37	0.40	0.50	0.52	0.26	0.45	0.49	0.60	0.61	0.69	0.87
20	25	0.42	0.44	0.48	0.60	0.62	0.32	0.54	0.57	0.71	0.72	0.82	1.02
25	33	0.43	0.47	0.50	0.64	0.65	0.34	0.57	0.61	0.74	0.76	0.86	1.08
30	43	0.47	0.51	0.53	0.67	0.69	0.36	0.60	0.65	0.79	0.81	0.92	1.14
35	54	0.49	0.54	0.58	0.72	0.75	0.38	0.65	0.69	0.84	0.87	0.98	1.22
40	67	0.54	0.58	0.62	0.77	0.80	0.41	0.70	0.75	0.90	0.94	1.06	1.31
45	82	0.58	0.63	0.67	0.84	0.87	0.45	0.76	0.80	0.97	1.01	1.14	1.41
50	100	0.63	0.69	0.73	0.91	0.95	0.49	0.83	0.88	1.06	1.11	1.25	1.54
55	122	0.71	0.76	0.80	1.01	1.05	0.55	0.91	0.97	1.17	1.22	1.37	1.69

注) 生材の水分を55% (w.b.) = 含水率122% (d.b.) と仮定。
 全乾密度を基準に含水率別の材の重量を算出。各含水率での体積は各方向の全収縮率を生材から全乾までの含水率の差で比例配分し補正。
 なお、全乾密度 (水分0%の比重)、全収縮率は「木材科学ハンドブック」岡野健 祖父江信夫 (p126) を参照。

材積とチップ層積の換算表

材積	チップ層積
1 m ³	2.5~2.8 Srm (チップm ³)

(出所)「QM Planungshandbuch」より



(5) 木質燃料確認シート

【参考】木質燃料確認シート

検討しているボイラーの燃料（ボイラーとの適正）	
■薪 ☐ 水分 % (w.b.) ■チップ ☐ 水分 % (w.b.) ☐ 切削タイプ ☐ 破砕タイプ	■ペレット ☐ ホワイト・ペレット ☐ 全木ペレット ☐ バークペレット ☐ 原料は問わない
品質・価格・量（事前把握項目）	
薪ボイラーの場合 ☐ 樹種・原料（針葉樹・広葉樹・早生材・建築廃材・化学的な処理を受けた材の混入等） ☐ 薪の長さ（ cm） ☐ 木口の径（ cm） ☐ 年間使用量（ 薪m ³ ） ☐ ピーク時の使用量（ 薪m ³ /月） ☐ 燃料の許容価格（ 円/薪m ³ ） ☐ 輸送量が販売価格に含まれているか ☐ 薪の供給先・販売者の確認 ☐ 原料の供給先の確認（自家生産の場合）	
チップボイラーの場合 ☐ 樹種・原料（針葉樹・広葉樹・早生材・建築廃材・化学的な処理を受けた材の混入等） ☐ 粒径（長辺： mm, 短辺： mm, 厚さ： mm） 長尺物の長さ重量比率： mm, %） 1mm以下の細粒物の重量比率： %） ☐ 年間使用量（ t） ☐ ピーク時の使用量（ t/月） ☐ 燃料の許容価格（ 円/kg） ☐ 輸送量が販売価格に含まれているか ☐ チップの供給先・販売者の確認 ☐ 原料の供給先・素材生産者等の確認（自家生産、供給先の体制が必要な場合）	
ペレットボイラーの場合 ☐ 規格に沿った製品か ☐ 原料（森林材または建築廃材・化学的な処理を受けた材の混入等） ☐ 年間使用量（ t） ☐ ピーク時の使用量（ t/月） ☐ 燃料の許容価格（ 円/kg） ☐ 輸送量が販売価格に含まれているか ☐ 木質ペレットの供給先・販売者の確認	

※このシートは、ボイラー導入者が燃料供給者に対してボイラーに必要な木質燃料の品質などを要望する場合、または燃料供給者がボイラー導入者に販売する場合などで確認が必要となる項目を整理したシートです。



(6) 仮置場の可燃性廃棄物の火災予防について

▶ 仮置場に積み上げられる可燃性廃棄物は、**高さ5メートル以下**、一山あたりの**設置面積を200平方メートル以下**にする。また、積み上げられる山と山との**離間距離は2メートル以上**とすること。

- 5メートルを超過すると、内部の発熱速度 > 表面からの放熱速度となり、蓄熱が促進される危険性があるため。
- 堆積高さ、設置面積、離間距離を適切に管理することで、火災発生時の消火活動が容易になるため。

▶ 積み上げられた山の上で作業する**重機の活動範囲を日単位で変更**すること（毎日同じ場所に乗らない）。

▶ 数週間に1度は**仮置場の堆積物の切り返し**を行い、積み上げたままの状態では長期放置しないようにすること。

▶ ガスボンベ、ライター、灯油缶、バイク等の燃料を含む危険物や、電化製品、バッテリー、電池等の**火花を散らす廃棄物の混在を避ける**。また、これらを含む可能性のある家電・電子機器等の保管場所と**可燃性廃棄物を近接させない**。

▶ 降雨が繰り返されることによって、廃棄物層内の温度が上昇することが懸念されるため、**降雨が多い時期には特に注意が必要**。

▶ 積み上げられた堆積廃棄物の深層温度は、気温よりも1～2か月遅れで上昇することから、**8月を過ぎても少なくとも10月下旬程度までは注意が必要**である。

▶ 火災予防のモニタリング

- 最低でも**1週間に1度程度は仮置場の山を巡回視察**すること。
- 表層から1メートル程度の深さの温度が**摂氏75度を超過していたら危険信号**
- 表層から1メートル程度の深さの**一酸化炭素濃度が50ppmvを超過していたら危険信号**
- 堆積物から出てくる水蒸気が**芳香系の揮発臭がある場合は危険信号**
- モニタリングは**法肩部、小段部分**を重点的に調査すること。

▶ 散水による火災防止効果を過度に期待せず、蓄熱しない環境（高さ制限等）や危険物の混入を避ける対策を実施すること。

（出所）「東日本大震災後の災害環境研究の成果」独立行政法人国立環境研究所より



(7) 灰の取り扱い

①灰に関する通知

名 称	概 要
放射性セシウムを含む肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の暫定許容値の設定について	平成23年8月1日通知（農林水産省消費・安全局長外連名） 放射性セシウムによる農地土壌の汚染拡大を防止するとともに、食品衛生法上問題のない農畜水産物の生産を確保する観点から、肥料・土壌改良資材・培土及び飼料についての放射性セシウムの暫定許容値を設定。 暫定許容値を超える肥料・土壌改良資材・培土及び飼料の施用・使用・生産又は流通が行われないよう、関係者に周知、指導等について都道府県知事に通知。 1. 暫定許容値の設定 （1）肥料・土壌改良資材・培土中の放射性セシウムの暫定許容値 肥料・土壌改良資材・培土中に含まれることが許容される最大値は、400ベクレル/kg（製品重量） ただし、1）農地で生産された農産物の全部又は一部を当該農地に還元施用する場合、2）畜産農家が飼料を自給生産する草地・飼料畑等において自らの畜産経営から生じる家畜排せつ物又はそれを原料とする堆肥を還元施用する場合、3）畜産農家に供給する飼料を生産している農家等が、当該飼料を生産する草地・飼料畑等において、当該飼料の供給先の畜産経営から生じる家畜排せつ物又はそれを原料とする堆肥を還元施用する場合、においては、この限りでない。
調理加熱用の薪及び木炭の当面の指標値の設定について	平成23年11月2日通知（林野庁林政部経営課長外連名） 薪及び木炭の焼却灰には一定レベルの放射性物質が残留するとの知見が得られたため、調理加熱用の薪及び木炭の今後の取扱いについて、当面の指標値を定め、都道府県及び関係団体へ通知。 当面の指標値（放射性セシウムの濃度の最大値） （1）薪 40ベクレル/kg（乾重量） （2）木炭 280ベクレル/kg（乾重量） 生産者及び流通関係者に対し、指標値を超えている薪及び木炭の流通を行わないよう指導を行うこと等について、都道府県及び関係団体に要請。
調理加熱用の薪及び木炭の放射性セシウム測定のための検査方法について	平成23年11月18日通知（林野庁林政部経営課長外連名） 1. 検査対象 （ア）東京電力福島第一原子力発電所事故以降、次の状態にあったものを対象。 ・17都県において採取及び保管された原料から生産された薪及び木炭 ・17都県において保管された薪及び木炭 （青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県、長野県及び静岡県） （イ）以下は対象外 ・平成23年3月11日以前に生産され、シートをかける等風雨にあてない状態で保管されていたもの ・原料の全てが次のいずれかに該当するものであって、シートをかける等風雨にあてない状態で保管され、かつ当該原料により生産された製品についてもシートをかける等風雨にあてない状態で保管されていたもの （1）平成23年3月11日以前に採取されたもの （2）17都県以外の地域において採取されたもの



	2. 検査実施主体 (ア) 検査対象となる薪及び木炭を生産する生産者 (イ) 検査対象となる薪及び木炭を流通させる流通関係者
薪、木炭等の燃焼により生じる灰の食品の加工及び調理への利用自粛について	平成24年2月10日通知（農林水産省食料産業局小売サービス課長外連名） 一般消費者、飲食店及び食品製造業者に対し、薪及び木炭等（以下「薪等」という）の燃焼によって生じた灰を、食品の加工及び調理に用いないこと（製麺、アク抜き、凝固剤等）を通知。 青森県、岩手県、宮城県、秋田県、山形県、福島県、茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、新潟県、山梨県、長野県及び静岡県（以下「17都県」という）から採取される原料、採取された原料から生産された薪等及び17都県で保管された薪等を対象。 以下は対象外 (ア) 平成23年3月11日以前に生産され、シートをかける等風雨にあてない状態で保管されていた薪等 (イ) 平成23年3月12日以降に生産された薪等であって、原料の全てが次のいずれかに該当し、シートをかける等風雨にあてない状態で保管され、かつ当該原料により生産された薪等についてもシートをかける等風雨にあてない状態で保管されていたもの ・平成23年3月11日以前に採取されたもの ・17都県以外の地域において採取されたもの
木質ペレットの当面の指標値の設定及び「木質ペレット及びストーブ燃焼灰の放射性セシウム測定のための検査方法」の制定について	平成24年11月2日通知（林野庁林政部木材利用課長名） ストーブ燃焼灰が一般廃棄物として処理可能な放射性物質濃度8,000Bq/kgを超えないようにするため、木質ペレットの当面の指標値を以下のとおり定め、関係者に通知 ホワイトペレット、全木ペレット：40Bq/kg バークペレット：300Bq/kg 木質ペレットの放射性セシウム濃度が当面の指標値を超えた場合、製造業者等はストーブ燃焼灰の放射性セシウム濃度も併せて測定 燃焼灰が8,000Bq/kg以下と確認される場合を除き、販売、流通等の停止を関係者に要請 「木質ペレット及びストーブ燃焼灰の放射性セシウム測定のための検査方法」を定めている

図表 燃料と放射性セシウムの指標値

燃料の種類	薪	木炭	ペレット	
			ホワイト・全木	バーク
指標値 (Bq/kg)	40	280	40	300



②文献資料

○木質燃焼灰の利用方法

木質バイオマスボイラーで発生した燃焼灰を利用する際には、その灰の性状を活かした利用方法が考えられます。燃焼灰のいくつかの利用方法を図表に示します。

図表 木質燃焼灰の利用方法

利用方法	利 用 例
土壌改良剤、肥料	木灰は化学肥料では補充することが困難な微量元素を含んでいるため、堆肥と混ぜて使用することによって地力を維持する効果が得られる。
融雪促進剤	降雪地帯で農地に灰や炭等の黒色の粉状物を雪上に散布することで、太陽熱を集めて雪を溶かす方法が一般に用いられている。大規模な農地への散布としては、肥料、土壌改良資材と組合せることによる散布が効率的である。
山菜の灰汁抜き	チップ原料となる木材が化学的に未処理のものであれば、チップボイラーから発生する灰は安全なものといえる。そのため山菜の灰汁抜き等の山菜加工に利用することも可能である。(灰の重金属の溶出分析試験を実施し安全性を確認することが必須)。ただし、外材や建設廃材等が入ると品質保証が出来ないため利用出来ない。
こんにゃく蒟蒻の凝固剤	鯉節を製造する際に燻すために利用する桜、くぬぎ、ならの木等の焼却灰を、蒟蒻の凝固剤として有効利用する方法がある。現在では安価な水酸化カルシウム等を凝固剤として利用して大量生産する方法が主流だが、強い石灰臭を伴うことになる。一方で、木灰を凝固剤として利用すると、木灰抽出液はカリウム、ナトリウムを多く含むため、石灰臭が軽減され、良質な製品が出来る。 なお、山菜の灰汁抜きと同様に、原料に外材や建設廃材等が入ると品質保証が出来ないため、凝固剤として利用出来ない。
藍染め	藍染めの工法として、現代の藍染法である天然藍（薬品建て）と合成藍の割立てではなく、薬品を全く使用せずに天然藍（すくも）100%+灰汁+ふすま+加温により絹の藍染めを行っている。
和紙の煮熟剤	和紙の煮熟剤として木灰やソーダ灰を用いて煮る方法がある。 保存性の高い和紙はアルカリとしての木灰やソーダ灰を用いた場合に得られ、アルカリで煮熟（蒸解）すれば繊維の損傷が少ないものが得られる。

通常、燃焼灰を取扱う際は、化学的に未処理の木質バイオマス燃料から得られた灰だけとする必要があります。また、木質バイオマス燃料自体に不純物が混入されていなくても、燃料の加工、運搬、補給といった作業工程の中で、異物が混入することも想定されるため、燃焼灰を食品加工に利用する場合等は、一定の期間において繰り返し燃焼灰の成分分析を行い、有害物質等の混入の有無を把握して安全性を確認することが必要です。

また、流通経路の整備と製品の質の保証が必要となりますが、土壌改良剤の場合は農協等に協力してもらうことで、既存流通網が利用可能となる場合があります。ただし、灰の取扱いについては県や自治体によって法令上の制約を受ける場合があるので、地域における基幹産業等と絡めて活用方策や適切な処理方法について検討する機会を設け、十分に協議を行うことが望まれます。

(出所)「木質バイオマスボイラー導入指針」株式会社森のエネルギー研究所より



(8) 参考文献

第4章

- 1) Wood Fuels Handbook, Biomass Trade Center, 2009
- 2) 日本工業標準調査会HP, (<http://www.jisc.go.jp/>)
- 3) 木のエネルギーハンドブック, 岩手・木質バイオマス研究会, 2005
- 4) 岩手県HP, (<http://www.pref.iwate.jp/~hp0552/biomass/biomass.htm>)
- 5) 木質バイオマス A to Z バイオマスの用語と単位, 小島健一郎, 森林組合No.506, 2012. 8
- 6) 木質バイオマス A to Z 木質チップの燃料の品質と規格 (Ⅲ), 小島健一郎, 森林組合 No.511, 2013. 1
- 7) 欧州規格 (EN-14961)
- 8) ペレットクラブHP, (<http://www.pelletclub.jp/>)

第5章

- 1) 木のエネルギーハンドブック, 岩手・木質バイオマス研究会, 2005
- 2) 東日本大震災後の災害環境研究の成果, 独立行政法人 国立環境研究所, 2013. 3
- 3) 平成21年度 林地残材の効率的な集荷システムモデルづくりモデル事業報告書, 北海道, 2012. 4
- 4) 木質ペレット燃料の需給に関する研究 (Ⅰ) 1980年代の導入から衰退に至る過程と要因, 小島健一郎, 森林学会関西支部大会予稿集, 2005
- 5) The Pellet Handbook, I. Obernberger and G. Thek, 2010
- 6) 木質ペレット成型機構の解明, 独立行政法人 森林総合研究所, 2010

第7章

- 1) Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals, D. L. Klass, 1998, Academic press(California)
- 2) Wood fuels basic information pack, 2000
- 3) アジアバイオマスハンドブック、(社) 日本エネルギー学会、2008
- 4) The Science of Biomass Stoves, T. Reed, 2005
- 5) Biomass Boiler Design, D. Harfield et al., 2011
- 6) 木材活用事典、(株) 産業調査会、1994
- 7) 森林エネルギーを考える、岸本定吉、1981
- 8) Biomass Combustion Devices, C. S. Bhaskar Dixit, 2006
- 9) Wood Fuels Handbook, Biomass Trade Center, 2009
- 10) Thermochemical Processing of Biomass, R. C. Brown,



- 11) Biomass Combustion & Co-firing, S.V Loo & J. Koppejan, 2008
- 12) The Pellet Handbook, I. Obernberger & G. Thek, 2010
- 13) ボイラー便覧、(社) 日本ボイラー協会、1997
- 14) Biomass heating – A practical guide for potential users, Carbon Trust, 2009

第9章

- 1) 木質バイオマスAtoZ 木質チップの燃料の品質と規格 (Ⅲ), 小島健一郎, 森林組合 No.511, 2013. 1
- 2) 木質工業ハンドブック, 独立行政法人森林総合研究所監修, 2004. 3
- 3) 木材科学ハンドブック, 岡野健 祖父江信夫, 2006. 2
- 4) QM Holzheizwerke Planungshandbuch, Arbeitsgemeinschaft QM Holzheizwerke
- 5) 東日本大震災後の災害環境研究の成果, 独立行政法人 国立環境研究所, 2013. 3

全体

- 1) 木質バイオマスボイラー導入指針, 株式会社森のエネルギー研究所, 2012. 3

木質バイオマスボイラー導入・運用にかかわる実務テキスト

■編集者

梶山 恵司 株式会社富士通総研

■執筆者（五十音順）

相川 高信	三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社	第2, 6, 8章
石山 浩一	株式会社森林環境リアライズ	第4, 5章
梶山 恵司	株式会社富士通総研	第1章
小島健一郎	ペレットクラブ	第4, 5, 6, 7章
山口 勝洋	環境エネルギー普及株式会社	第3章

■協力

三菱UFJリサーチ&コンサルティング株式会社、ペレットクラブ、
株式会社森のエネルギー研究所

■作成

平成25年3月作成

株式会社森林環境リアライズ、株式会社富士通総研、環境エネルギー普及株式会社

このテキストは、平成24年度林野庁補助事業「地域材供給倍増事業 公共建築物等への地域材の利用促進及び木質バイオマスの利用拡大のうち木質バイオマスの効率的利用を図るための技術支援」で作成しました。

本書は <http://www.f-realize.co.jp/w-biomass/> よりダウンロードして御利用いただけます。本書の一部、全部の無断引用は御遠慮下さい。