

平成 29 年度木質バイオマス利用支援体制構築事業

平成 29 年度 木質バイオマスエネルギー
地域実践家育成研修会 テキスト

平成 30 年 3 月

一般社団法人 日本木質バイオマスエネルギー協会

目 次

1. 木質バイオマスエネルギー利用の基礎理論・・・・・・・・・・・・・・・・ 1
2. 木質バイオマスエネルギーの熱利用・・・・・・・・・・・・・・・・ 21

木質バイオマスエネルギー地域実践家育成研修会

木質バイオマスエネルギー 利用の基礎理論

講義内容



- バイオエネルギーの意義と重要性
- 世界のバイオマス利用
- 日本のバイオマス利用の現状と課題
- 今後の方向性と本研修の位置付け

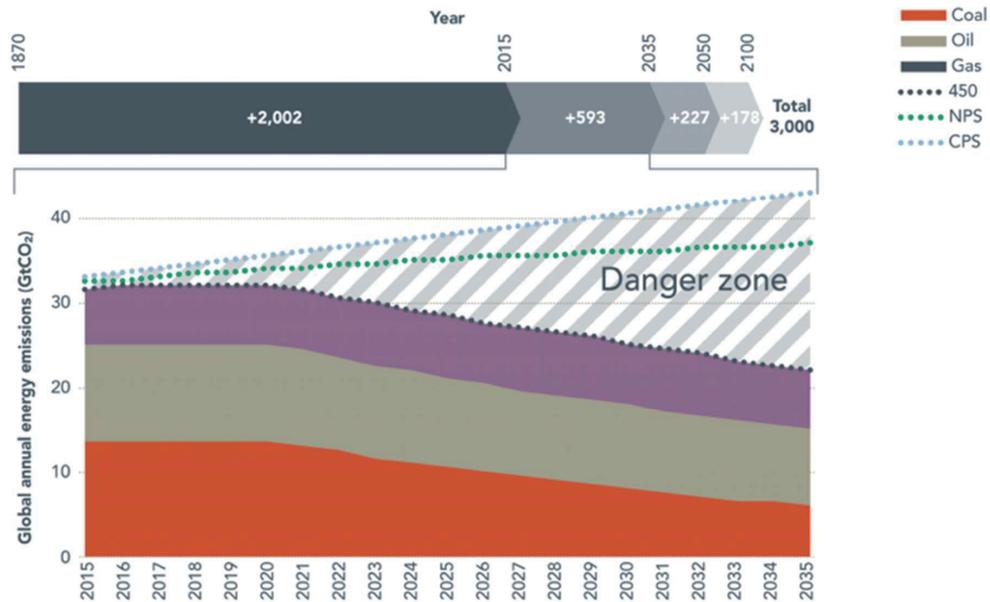
バイオエネルギーの 意義と重要性

パリ協定が発効！



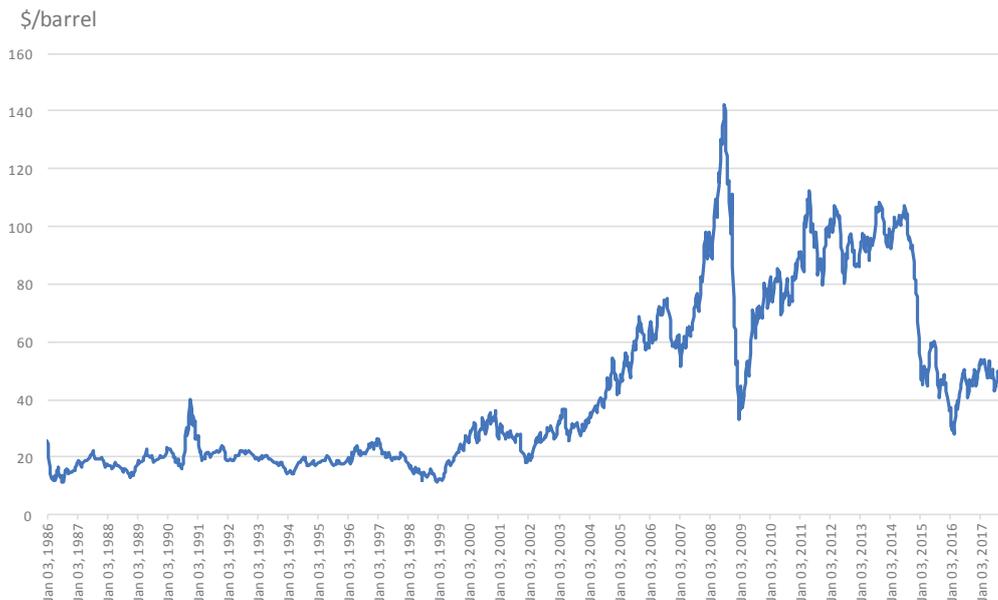
**世界共通の長期目標として、+2℃目標(できれば、1.5℃を目標)
今世紀後半までの「脱炭素化」**

<将来的に使える化石燃料の量>



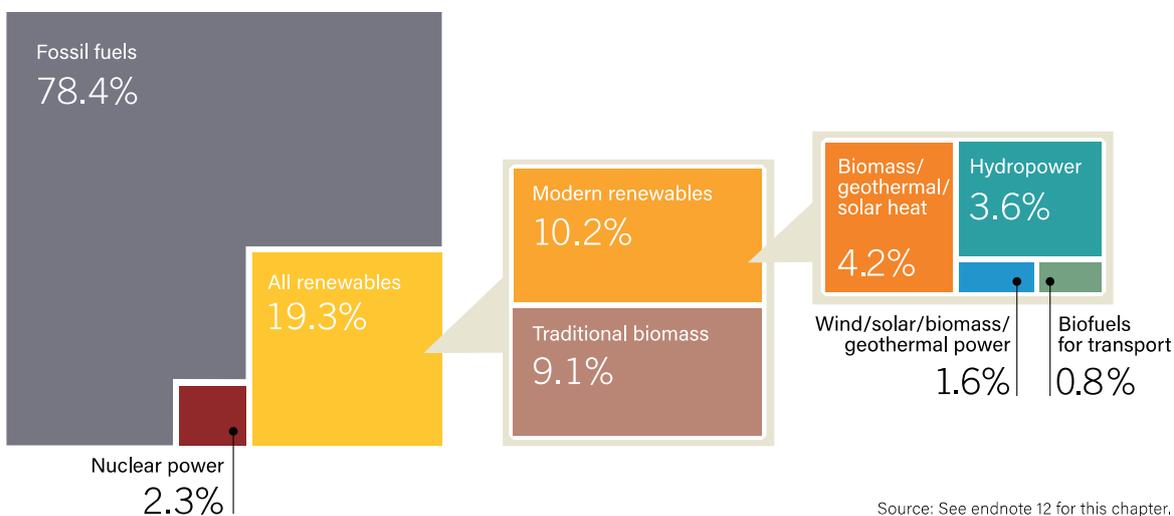
出所) Carbon tracker ホームページ

<原油価格(WTI, Cushing, Oklahoma)>



出所) US Energy Information Administration

<最終エネルギー消費に占める自然エネルギーの割合(推計、2015年)>



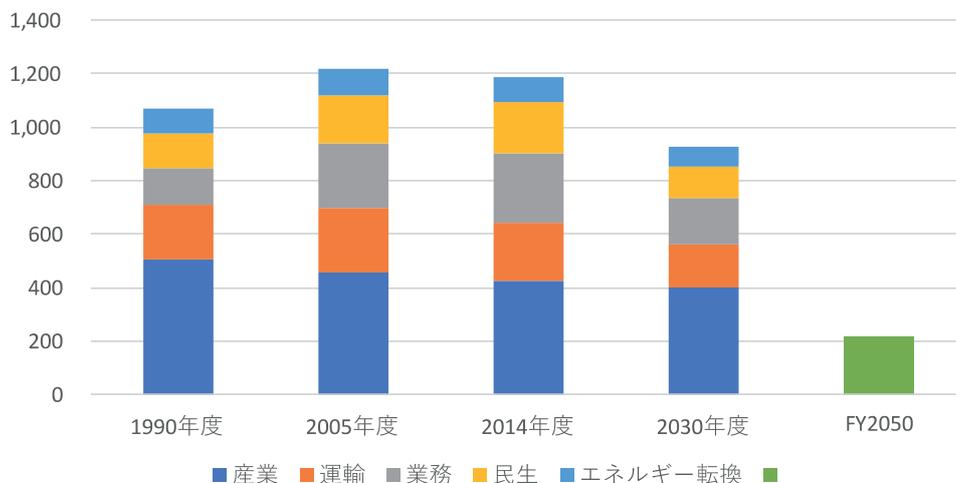
(出所)Global Renewable Energy Report 2017 (REN21)

Source: See endnote 12 for this chapter.

日本の温室効果ガス削減目標

<日本の温室効果ガス排出量の推移と削減目標>

100万t (CO2換算)

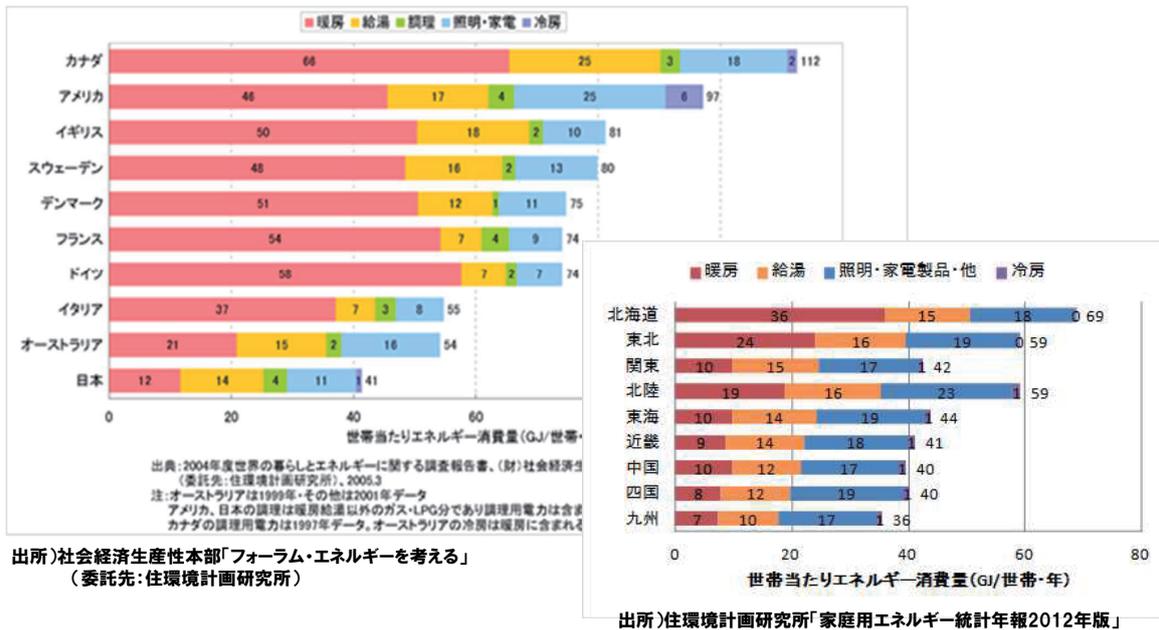


出所)環境省資料より作成

日本には、熱需要がない？



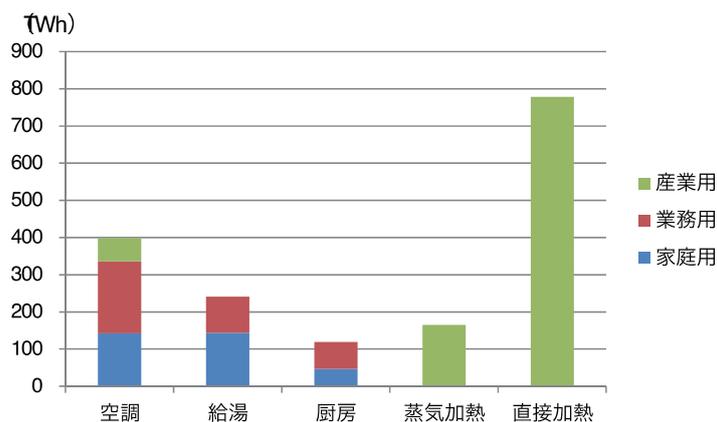
世帯当たりのエネルギー消費量(GJ/世帯)



日本には、熱需要がない？



<日本の最終エネルギー需要に占める熱需要の用途(2014年度)>



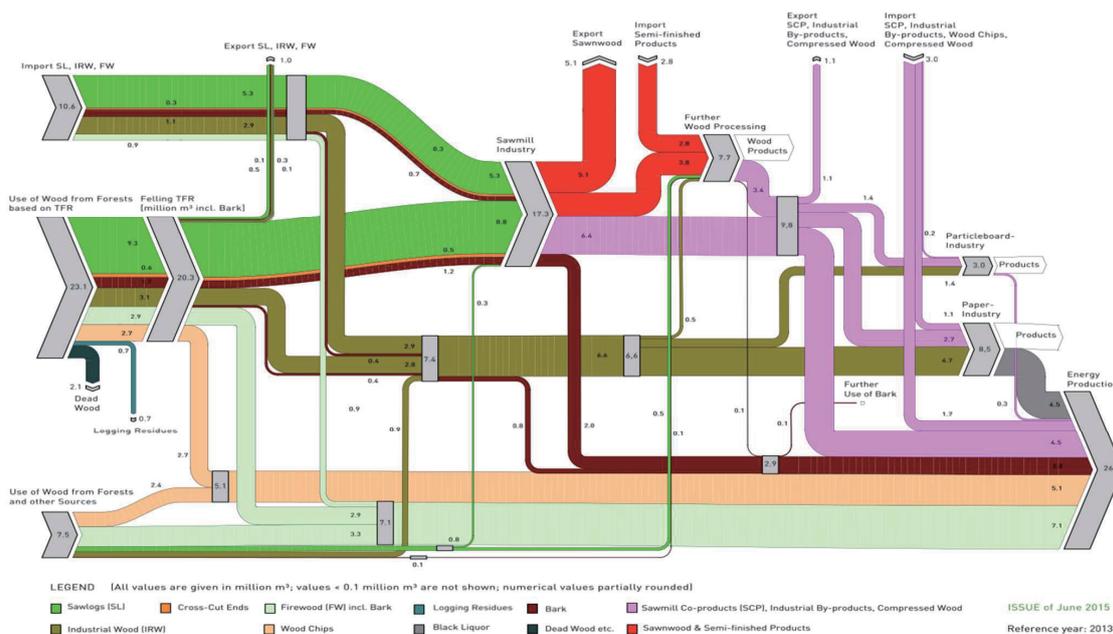
(注) 産業用の蒸気加熱のうち空調用は控除 (空調用に計上)

(出所) 資源エネルギー庁「総合エネルギー統計 (2014年度)」、「エネルギー消費統計 (2014年度)」、「石油等消費動態統計 (2014年度)」、日本エネルギー経済研究所「エネルギー・経済統計要覧 2016」、株式会社富士経済「産業施設におけるエネルギー消費の実態総調査 2012」をもとに作成

出所)日本木質バイオマスエネルギー協会

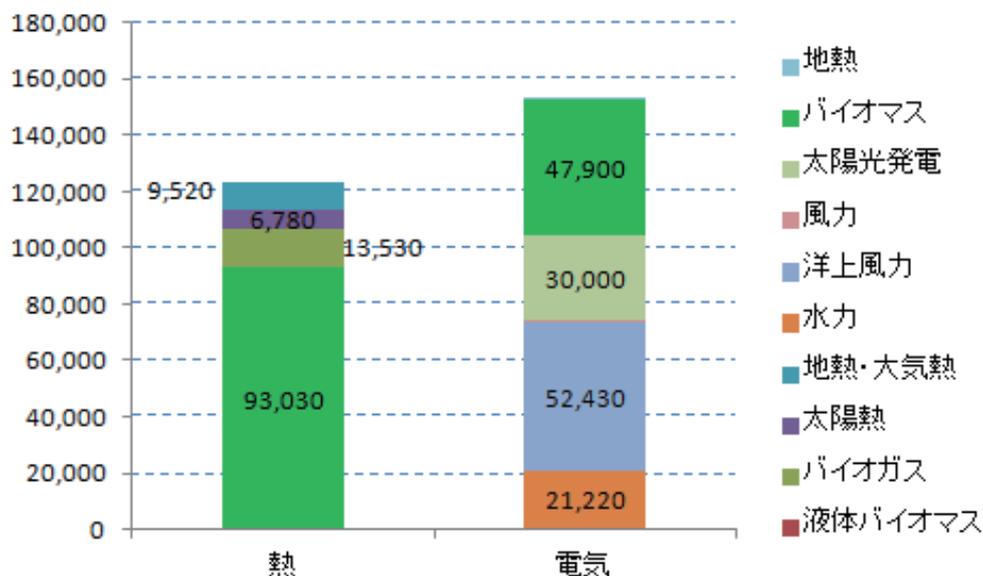
世界のバイオマス利用

カスケード利用が基本：オーストリア



出典:「Development of Renewable energy sources in Germ

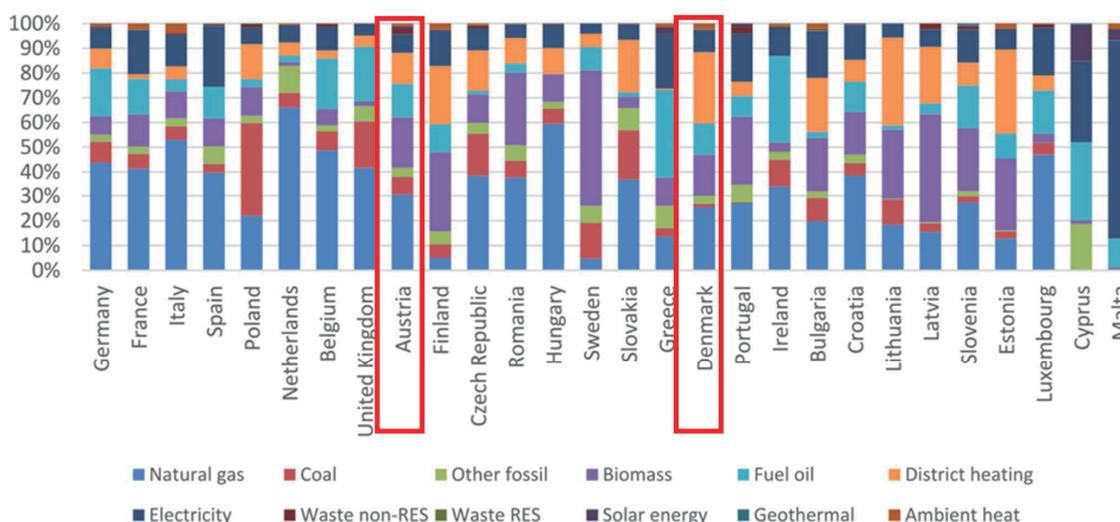
ドイツにおける最終エネルギー消費に占める再生可能エネルギー(kWh、2012年)



出典:「Development of Renewable energy sources in Germany 2013」より作成

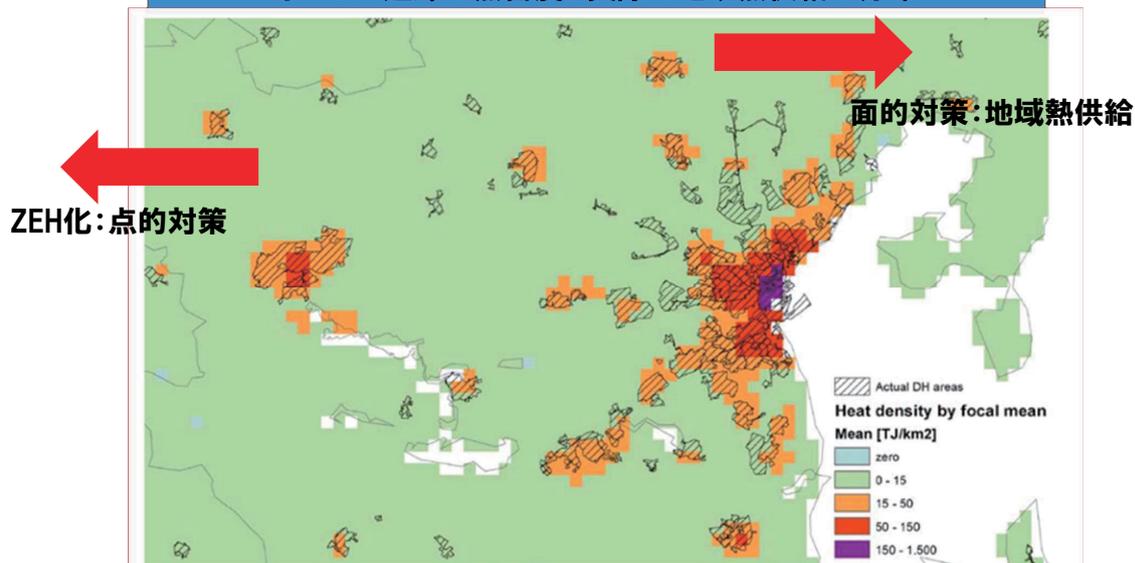
熱利用に占めるバイオエネルギーの割合

冷暖房における最終エネルギー消費(2012年)



出所「An EU Strategy on Heating and Cooling」European Commission

オフィス近郊の熱密度と実際の地域熱供給の分布



出所)Aalborg University (2013), Heat Roadmap Europe 2

点的対策の前に、エリアのゾーニングが必要となる

(参考) デンマークにおける地域熱供給プラント

地域熱供給プラントの巨大な蓄熱槽

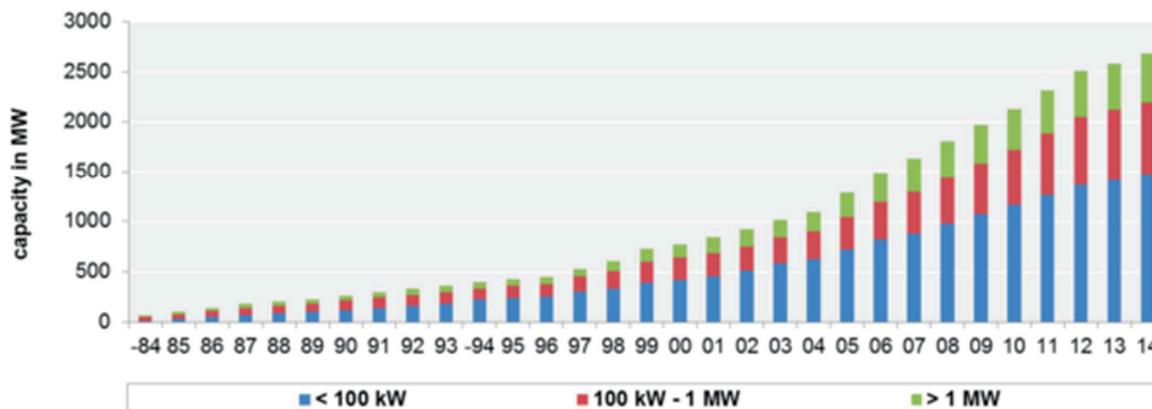


蓄熱槽内部の温度管理



写真) (公財)自然エネルギー財団 相川高信上級研究員 提供
(2015年デンマークにて撮影)

Biomass heating in Upper Austria



出所) 〇〇 Energiesparverband/〇koenergie-Clusterホームページ

イギリスにおけるRHI(Renewable Heat Incentive)における発熱実績

非家庭部門 (2011年11月~15年12月)		
	熱生産量 (MWh)	割合 (%)
小規模バイオマスボイラー (<200kW)	2,460,000	48.1%
中規模バイオマスボイラー (200-1000kW)	1,572,000	30.7%
大規模バイオマスボイラー (>1000kW)	999,000	19.5%
小規模太陽熱 (<200kW)	2,000	0.0%
小規模地中熱ヒートポンプ (<100kW)	24,000	0.5%
大規模地中熱ヒートポンプ (>100kW)	29,000	0.6%
嫌気性メタン発酵	28,000	0.5%
バイオガス	0	0.0%
空気熱ヒートポンプ	2,000	0.0%
Total	5,116,000	100.0%

家庭部門 (2014年4月~15年12月)		
	熱生産量(MWh)	割合 (%)
空気熱ヒートポンプ	163,276	27.3%
地中熱ヒートポンプ	91,582	15.3%
バイオマスシステム	332,348	55.6%
太陽熱	10,705	1.8%
Total	597,911	100.0%

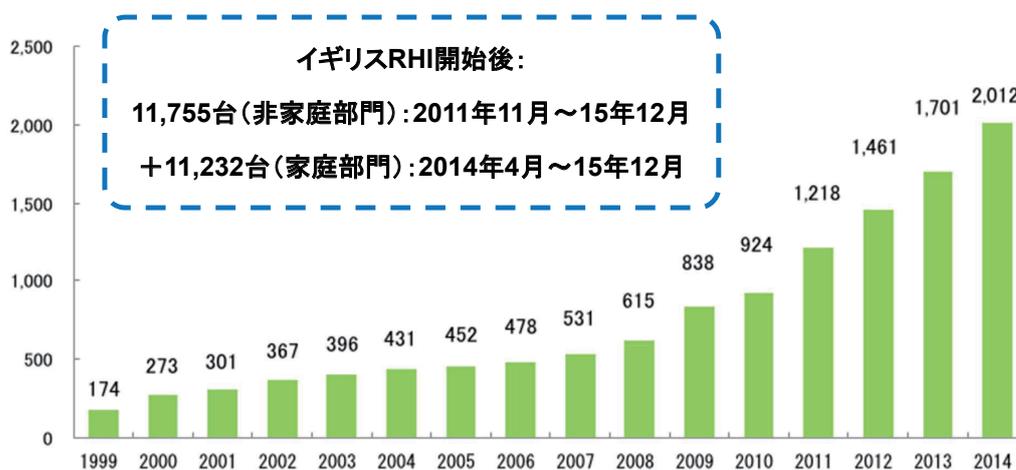
< 買取価格 (p/kWh) >
 非家庭部門 (小規模) : 3.10(9.05)
 家庭部門 : 5.20(12.20)
 *カッコ内は、制度開始時の価格

出典: DECC (2016) Renewable Heat Incentive quarterly statistical release, development to Decemberより作成

日本のバイオマス利用の 現状と課題

木くず焚きボイラーの導入台数

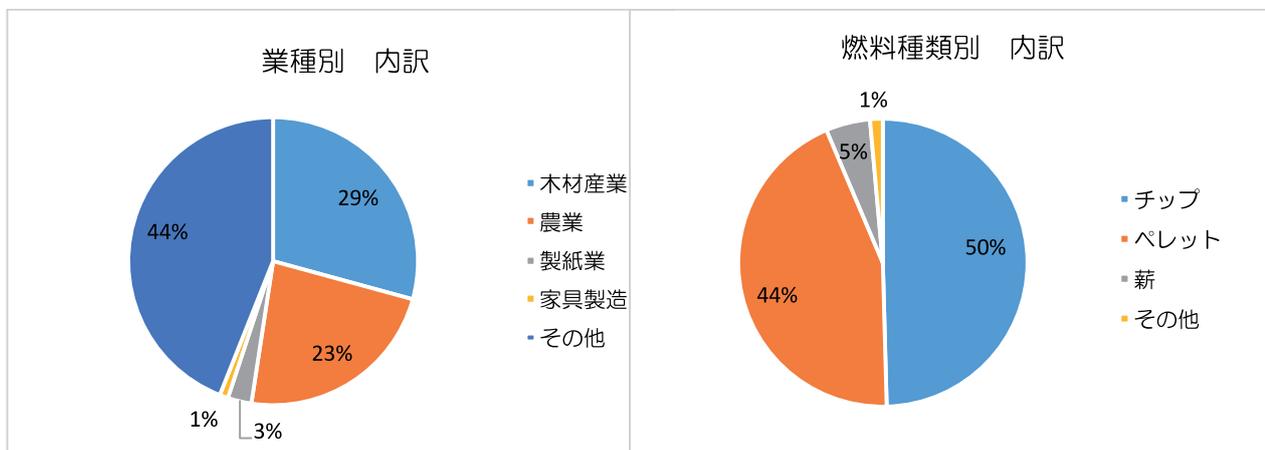
日本の木質資源利用ボイラー数の推移



木くず焚きボイラーの導入台数（内訳）



業種別・燃料種類別の内訳(2014年度末時点)



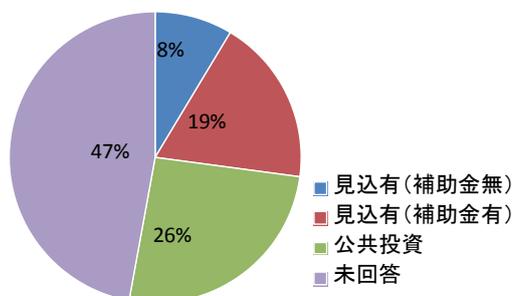
出所)林野庁業務資料

課題の多いこれまでの導入事例

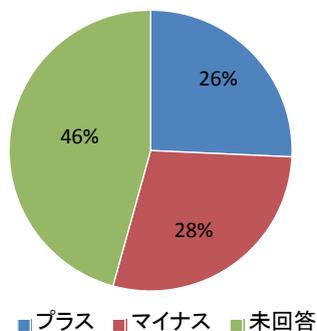


基本構想が、もっぱら「森林資源活用」や「地域産業への配慮」の視点から策定され、「経済性の確保」や「環境への配慮」といった要素が検討されていない場合がある。

施設の投資回収見込み



施設の年間運営収支



(出所)「木質バイオマスの効率的な利用を図るための技術支援報告書」森林環境リアライズより作成

- 日本のバイオマスボイラの設備費は高水準（2012年の事例調査より）
 - 特に工事費や、サイロ・建屋に削減余地
 - ドイツ等に比べてかなりの高水準

日本におけるバイオマスボイラの標準的な設備費 (300kWの例)

費用項目	価格
ボイラ本体価格	3,000～4,000万円
工事費	2,000～4,000万円
サイロ・建屋	2,000～4,000万円
合計	7,000万～1億2,000万円
kW単価	23～40.0万円/kW

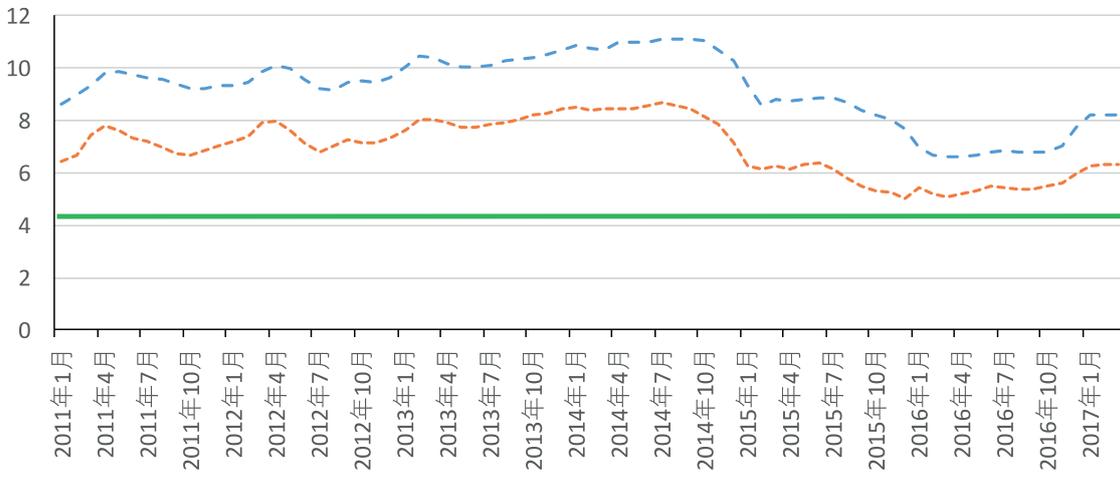
最近では20万円/kW程度
の事例も増加

(出所)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

今後の方向性と、 本研修の位置付け

化石燃料とバイオマス燃料の価格比較

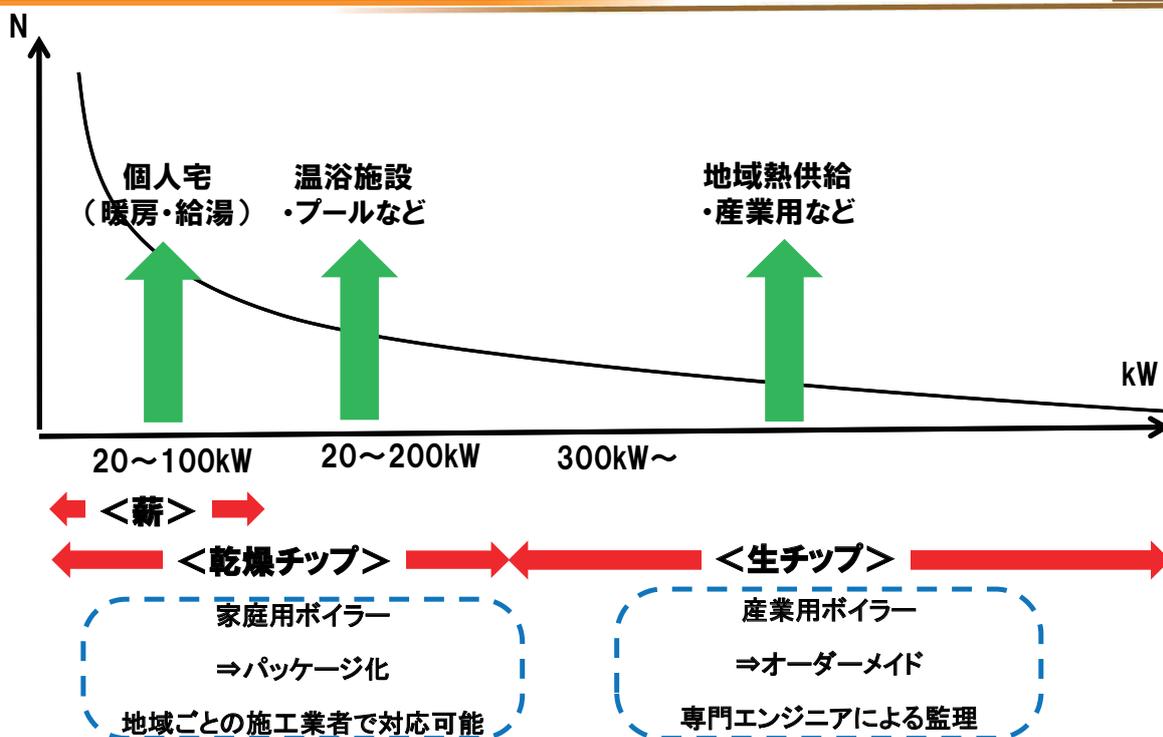
(円/kWh)



--- 民生用灯油 (配達) - - - 産業用A重油 — 木質チップ (水分30%)

注) 灯油及び重油の価格は、実勢価格。木質チップは、16,000円/tの場合。
いずれもkWhあたりに単位換算を行った。
出典) 石油製品価格調査 (資源エネルギー庁)

需要の規模に応じたマーケティング戦略

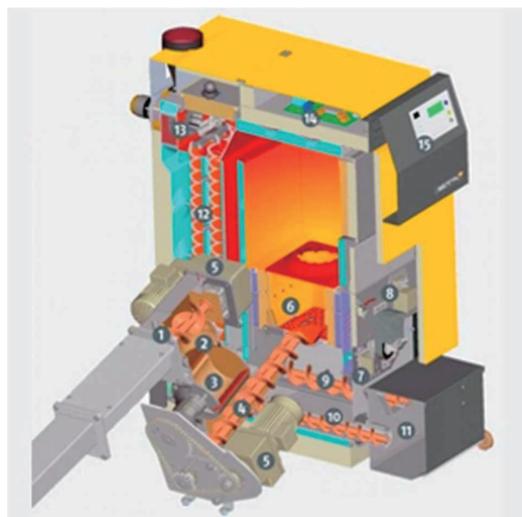


薪	チップ	ペレット
		
<ul style="list-style-type: none"> ■ 簡便な設備で生産可能 ■ 気乾により水分15%以下で使用 ■ 手動での投入 ■ 家庭用等の100kW以下の小規模での利用がメイン 	<ul style="list-style-type: none"> ■ チッパーが必要だが、最も汎用性が高い ■ 乾燥チップ(水分35%)から生チップ(50%程度)まで様々 ■ 乾燥チップ: 30kW~ ■ 生チップ: 200~数千kW 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 大規模な生産設備が必要 ■ 水分10-15%が標準 ■ 均質で燃焼制御が容易 ■ 家庭用のストーブや農業用や冷暖房用のボイラーで用いられる

写真(公財)自然エネルギー財団 相川高信上級研究員 提供

まずは「小型」乾燥チップボイラーから

	乾燥チップボイラー	生チップボイラー
ボイラ容量	20~200kW	150~6,500kW
対応水分	~30% (推奨)	30~60%



(出所)ETA Heiztechnik GmbH, Schmidt Energy Solutionsホームページ

設置、接続、制御が容易になっている



出所)ETA社

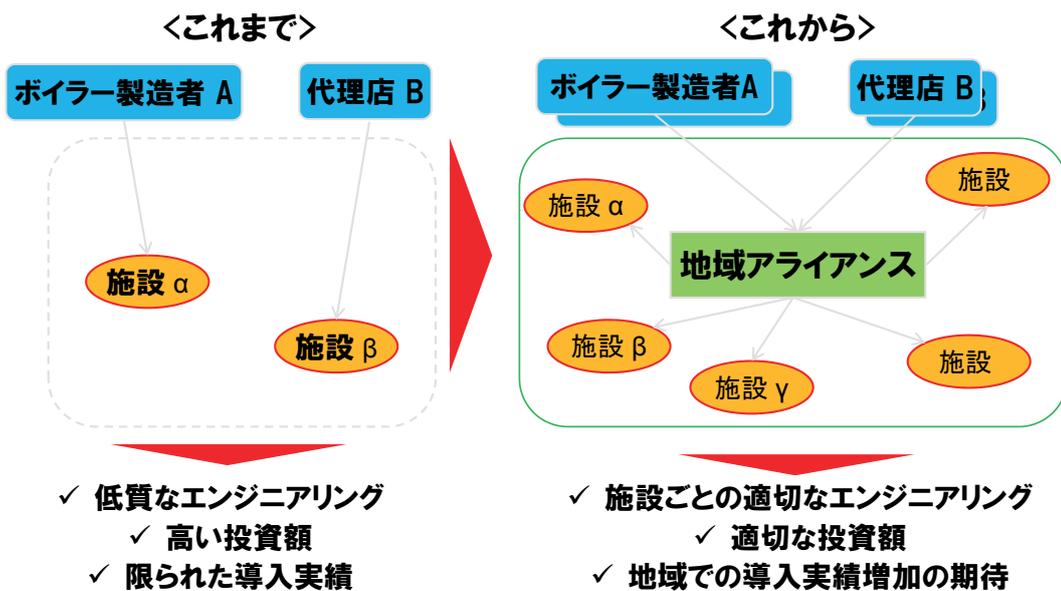


出所)BERI



写真)(公財)自然エネルギー財団 上級研究員 相川高信氏 提供

地域アライアンスモデルで

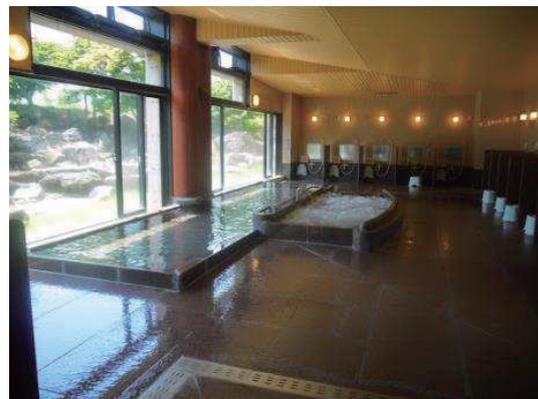


あなたの地域でもやってみましょう！



JWBA Proprietary

33







全国にはすでに仲間が。



知識と経験を共有し、学び合いの中で、各地で専門家の育成を！

JWBA Proprietary

39



一般社団法人
日本木質バイオマスエネルギー協会
Japan Woody Bioenergy Association

木質バイオマスエネルギー地域実践家育成研修会
木質バイオマスエネルギーの熱利用



一般社団法人
日本木質バイオマスエネルギー協会

燃料の特徴

木質バイオマス利用の基本－副産物利用

- 木材のカスケード利用。
 - ✓ 製材(建材、家具材)。
 - ✓ 合板。
 - ✓ 製紙用チップ。
 - ✓ 燃料。
- 製材歩留まりはよくて5割(1次加工)。
 - ✓ 一部は、製紙用チップ。
 - ✓ 製紙用チップは、厳しい品質基準(バーク、微粒子)。
- 一本の木から丸太になるのは5～8割。
 - ✓ 丸太にならない細い木、曲がった木。
 - ✓ 玉切りした残りの中途半端な部分(短ころなど)。
 - ✓ 枝葉。
- バイオマスは副産物利用。
 - ✓ これらは燃料とする以外に用途のない部分。
 - ✓ 燃料として利用することによって、木質資源の価値を最大限引き出すことが可能。

全国各地で大量に発生している残材



JWBA Proprietary

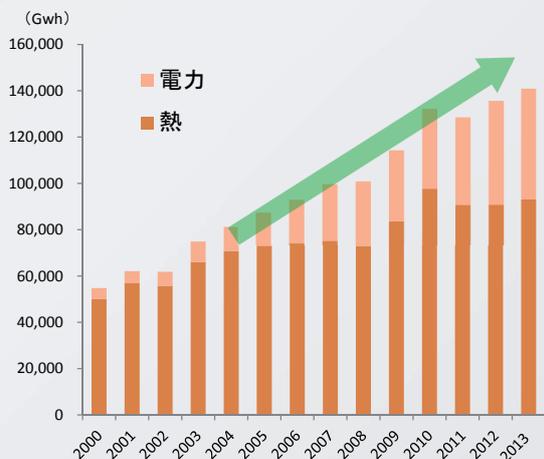
4

林業に富をもたらしたドイツのバイオマス利用



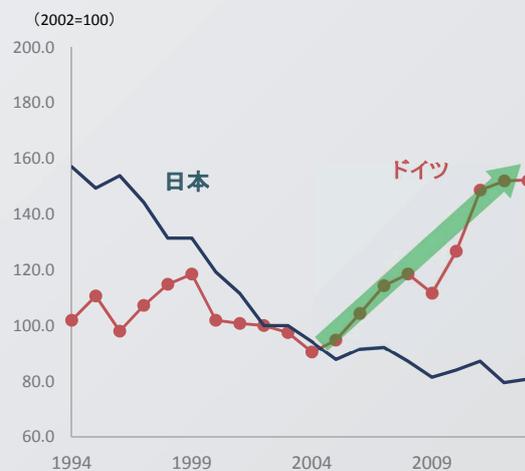
- ドイツでは、FITを契機にバイオマス利用が拡大。
- 森林資源の価値が向上し、その恩恵は地域に還元。

ドイツにおけるバイオマス利用の推移



(出所)ドイツ再生可能エネルギー統計2013
 (注)電力には、木質系、バイオガス、下水汚泥を含む。熱は、木質系のみ。

製材用丸太価格の日独比較



(出所)農林水産省木材価格統計調査、ドイツ連邦統計局木材統計
 (注)2002年の値を100として指数化。日本はスギ中丸太(径24~28cm)、ドイツはトウヒ製材用材クラスB。価格は、林道引き渡し価格。

JWBA Proprietary

5

主な木質バイオマス燃料



- 加工の仕方や、原料の調達先で区分。
 - ✓ 薪、チップ(切削、破砕)、ペレット
 - ✓ 林地残材、工場残材(おが粉、バーク、端材等)

主なバイオマス燃料の特徴

燃料	メリット	デメリット
薪 	<ul style="list-style-type: none"> 加工が容易であり、自家生産も可能。 	<ul style="list-style-type: none"> 原料が丸太に限定。 ボイラーへの投入が人力。 大きな熱需要には不向き。
チップ 	<ul style="list-style-type: none"> 自動投入、自動運転が可能。 小規模から大規模の熱需要に対応。 	<ul style="list-style-type: none"> 品質管理された、切削チップを入手できる環境が必要。
ペレット 	<ul style="list-style-type: none"> 燃料密度が高く、大きさが均一で、最も扱いやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> 生産工程が多段階で、割高。

6

木質バイオマス燃料となる様々な原料



7

製紙チップと燃料チップの違い



- 製紙用チップと燃料チップは、同じチップでも、似て非なるもの。
- 製紙用チップの厳しい品質基準。
 - ✓ バークなしが主流。
 - ✓ 微細部をふるいにかけて除去。
 - ⇒ ホワイトチップが主流。水分は関係なし。
- 燃料チップ。
 - ✓ バーク混入可。
 - ✓ 微細部の混入可。
 - ✓ ただし、ボイラーにより対応度は異なる。
 - ⇒ 多様な形状が可。重要なのは水分管理。

製紙用チップ



燃料用チップ



JWBA Proprietary

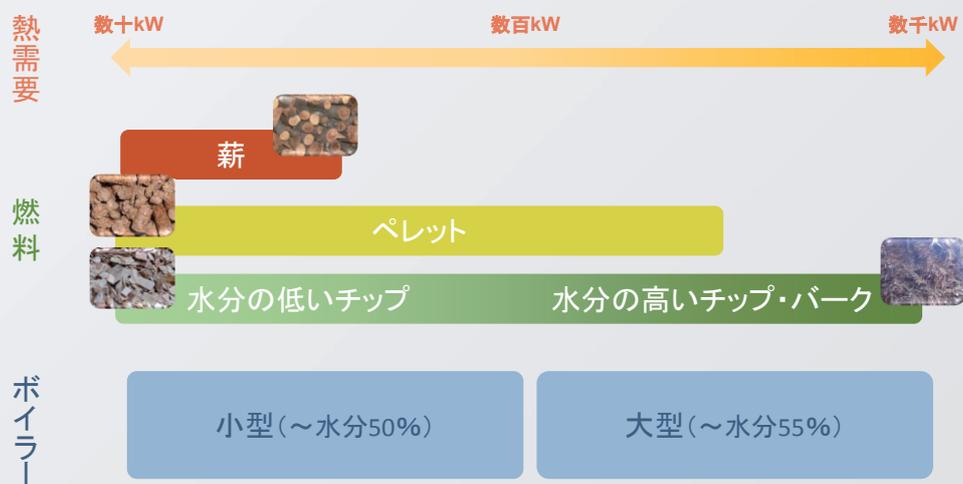
8

燃料別の利用場面



- 薪やペレットとなる原料は限定される。
- 燃料用チップは、薪やペレットにならない部分も利用可能。
- 熱需要、燃料、ボイラーのマッチングが重要。

熱需要に対する燃料とボイラーの組み合わせ



※対応する水分はメーカーによる。

JWBA Proprietary

9

燃料用木質チップの品質基準



品質項目	単位	Class 1	Class 2	Class 3	Class 4
原料 (表2参照)		幹、全木 未処理工場残材	Class1 + 灌木・枝条・末木等	Class2 + 剪定枝等 樹皮 未処理リサイクル材	Class3 + 化学処理工場残材 化学処理リサイクル材
チップの種類		切削チップ	切削チップまたは破砕チップ		
チップの寸法 P (表3参照)		P16、P26、P32およびP45から選択			
水分 M (表4参照)	% (湿量基準)	M25、M35 から選択	M25、M35、M45およびM55から選択		
灰分 A (表5参照)	w- % dry ⁽¹⁾	A1.0 ≤ 1.0%	A1.5 ≤ 1.5%	A3.0 ≤ 3.0%	A5.0 ≤ 5.0%
窒素 N	w- % dry ⁽¹⁾	—	—	≤ 1.0	★ただし、リサイクル材を取り扱わない工場を除く ★リサイクル材を取り扱う工場では、脚注の重金属等 ⁽²⁾ について随時測定すること
塩素 Cl	w- % dry ⁽¹⁾	—	—	≤ 0.1	
砒素 As	mg/kg dry	—	—	≤ 4.0	
クロム Cr	mg/kg dry	—	—	≤ 40	
銅 Cu	mg/kg dry	—	—	≤ 30	

注) 金属、プラスチック類、擬木(合成木材、複合木材)、土砂、石などの異物を含まないこと

(1) w- % dry: 質量パーセント(乾量基準)

(2) 硫黄 S : ≤ 0.1w- % dry、カドミウム Cd : ≤ 0.2mg/kg dry、鉛 Pb : ≤ 50mg/kg dry、水銀 Hg : ≤ 0.1mg/kg dry、亜鉛 Zn : ≤ 200mg/kg dry

10



小型ボイラーの特徴

大型ボイラーとの相違

- コンパクトな構造。
- 量産型により低価格を実現
 - ✓ 大型ボイラーの耐火レンガによる築炉に対し、通常鋼鉄製の溶接となっており、製造コストが安価。
- 断続運転が可能。
 - ✓ 従来、日本で主に導入されてきたのは連続運転タイプ（大型ボイラーに多い）。
 - ✓ これとは異なり、オンオフ運転が可能で、熱需要の変動に柔軟に対応。
 - ✓ 両者は構造が異なり、その特性も異なる。

構造の違い

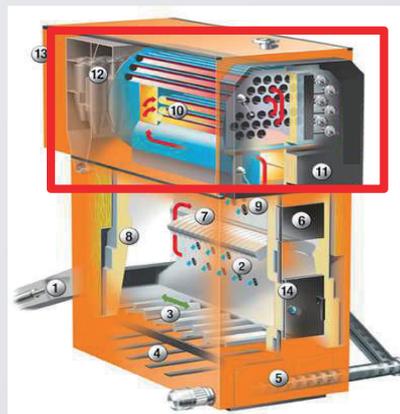
断続運転タイプ

- 熱交換器が縦型で、燃焼炉と一体。
- 内蔵小型モーターによる熱交換の自動クリーニング。
- 構造上コンパクト。メンテナンスもやりやすい。
- 一定の熱需要規模まで。
- 燃料は、乾燥チップ（35～45%。メーカー・機種により異なる）。



連続運転タイプ

- 熱交換器は横置きで、燃焼炉と分離。
- 熱交換器のクリーニングはコンプレッサーを用いる。
- 大型の熱需要にも対応。
- 設備は高価だが、低質の燃料（水分が高いチップ、バーク等）に対応するので、燃料代を抑制することが可能。



様々な小型のボイラーメーカー



- オーストリア製が最も多い。ドイツ、スイス、日本製もあり。
- ここ1～2年で日本市場への進出が増加。



JWBA Proprietary

14

ここまで進化した最新機種



- ◆ 断続運転タイプのボイラーと自動化
 - 連続運転不要なオンオフ運転可能タイプのボイラーの登場。
 - イグニッションヒーター(熱風)による自動着火。
 - 自動クリーニング。
- ◆ 日常点検の負荷軽減
 - ユーザーの作業は灰捨て程度。
 - ボイラーによっては、ピーク時でも2～4週間に1回程度。
- ◆ ボイラーの自動監視機能
 - ほとんどのパラメーターを遠隔で調整可能。
 - 不具合の把握・対応。
- ◆ ヒーティングシステムとしての導入が可能
 - 既製のシステムがあるため安価で導入可能。

JWBA Proprietary

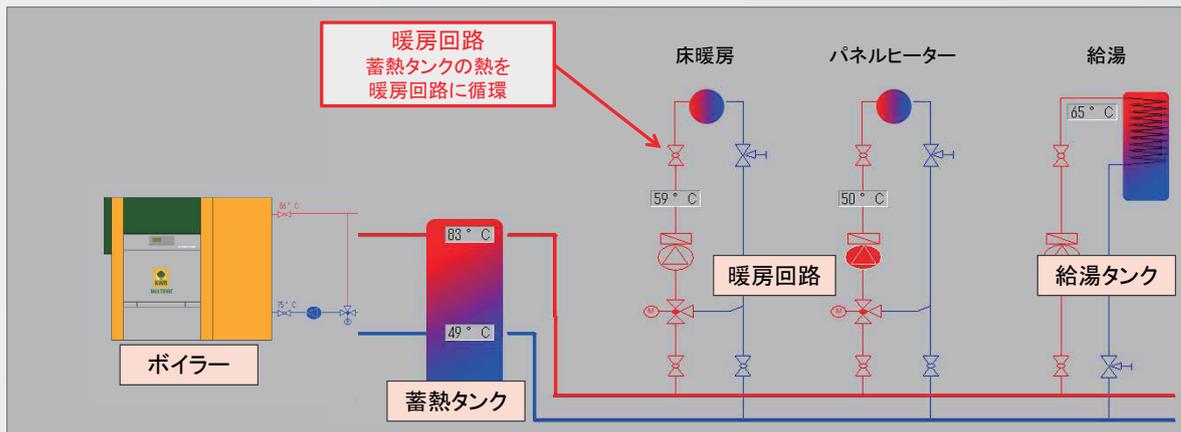
15

バイオマスヒーティングシステムとしての導入



- ボイラー、暖房・給湯回路をシステムとして導入。
- 暖房・給湯の現状把握(室温・外気温等。時系列での分析も可能)。
- それぞれの設定値の変更もできる。

バイオマスヒーティングシステムの構成



JWBA Proprietary

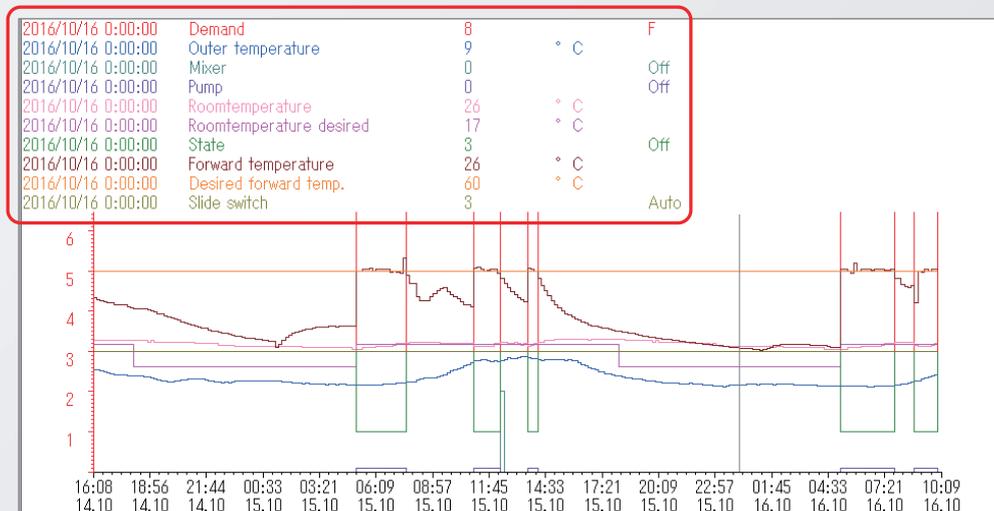
16

バイオマスヒーティングシステムの時系列分析



- 以下のグラフは、暖房回路の時系列でのデータ表示例。
- 暖房需要、外気温、ポンプ、室温の現状値および設定値、暖房温水の設定値および現状値などを、2日間表示した例。

暖房の時系列データ



17

エネルギー単位と水分

抑えておくべき単位

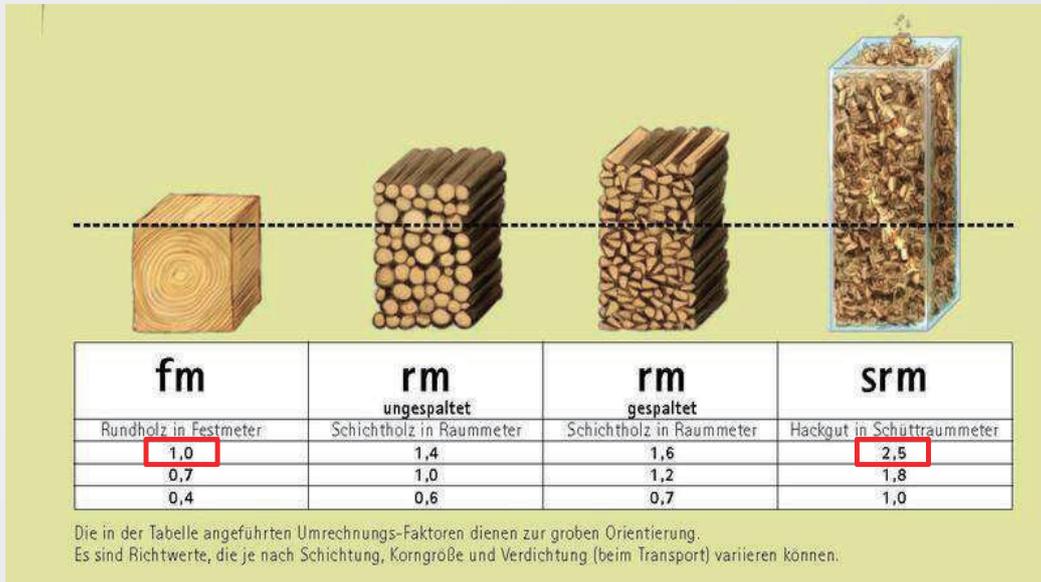
- バイオマスは水分や形状が異なるため、単位の統一が重要。

バイオマスに関する単位の基本

項目	基本事項
熱量	<ul style="list-style-type: none"> バイオマスの標準は「kWh」 工学上では「kcal」、SIでは「J」 【参考】1 kWh = 860 kcal
容量	<ul style="list-style-type: none"> 1 fm(個体立方、丸太立方) = 2.5 srm(バラ立方、チップ立方)
重量	<ul style="list-style-type: none"> 湿量基準(水分、%)が基本 湿重量 = 乾重量 + 水分 どれくらいのエネルギーを含むか分かりやすい



形態別の容量比較



注)「rm」は層積立方(薪の体積)。

(出所)バイエルン州森林林業局 資料

JWBA Proprietary

20

木質バイオマスの単位換算表(針葉樹)

水分(%)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
kWh / トン	5,200	4,910	4,610	4,320	4,020	3,730	3,440	3,140	2,850	2,550	2,260	1,970	1,670
kWh / 丸太m³	1,971	1,957	1,942	1,925	1,906	1,885	1,860	1,832	1,799	1,760	1,713	1,656	1,584
kWh / 薪m³	1,380	1,370	1,360	1,348	1,334	1,319	1,302	1,282	1,259	1,232	1,199	1,159	1,109
kWh / チップm³	788	783	777	770	763	754	744	733	720	704	685	662	634
かさ密度 (トン / チップm³)	0.15	0.16	0.17	0.18	0.19	0.20	0.22	0.23	0.25	0.28	0.30	0.34	0.38

(出所)LWF(ドイツ・バイエルン州森林・林業局)資料をもとにBERI作成

JWBA Proprietary

21

燃料チップの水分管理の重要性



- 木質バイオマスボイラーの設備費は化石燃料に比べ割高。
- 他方、ランニングコストの大部分を占める燃料代は低めで、価格も安定。
- 燃料代をいかに抑えるかが、ランニングコスト抑制の最大のポイント。
- 燃料代抑制は、ボイラー効率と水分。
- 水分は低ければ低いほどよい。
- 望ましいのは、水分30%以下。
 - ✓ エネルギー効率。
 - ✓ カビが生えず、長期保管可能。
 - ✓ 凍結のおそれなし。

JWBA Proprietary

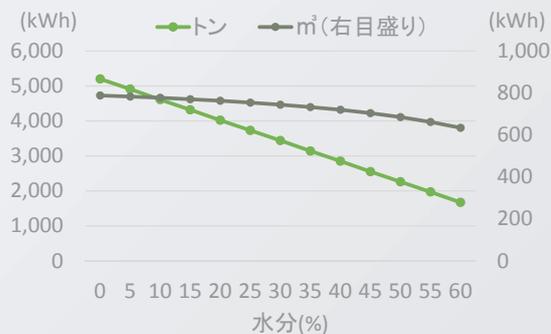
22

水分と熱量の関係



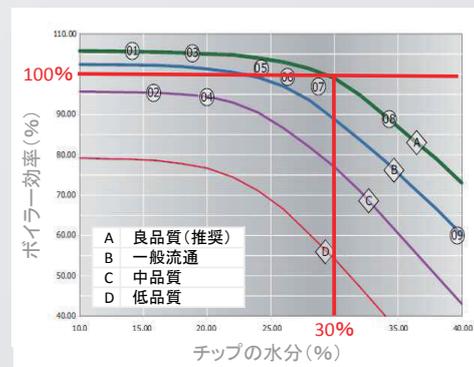
- チップの水分がランニングコストを大きく左右。
- 水分が高いとエネルギー含有量が低くなるだけでなく、ボイラー効率も大幅に低下。
- 水分の高いチップを使うとランニングコストが下がらず、バイオマスの優位性を活かすことができない。

水分によるエネルギー含有量の違い



(出所) LWF(バイエルン州森林・林業局) 資料をもとにBERI作成

水分によるボイラー効率の違い

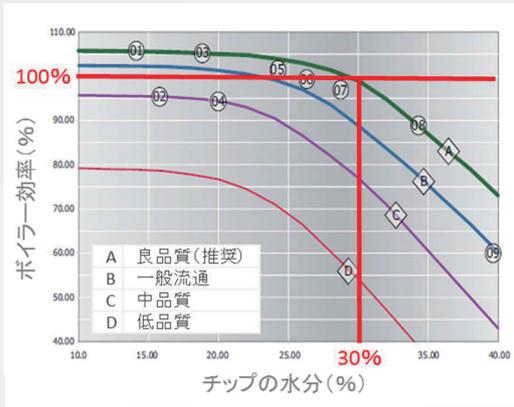


(出所) KWB社 分析資料

JWBA Proprietary

23

チップの水分・品質とボイラー出力の関係



01		02	
	水分14% 針葉樹		水分16% 針葉樹 細かいチップが20%以上混入
03		04	
	水分18% 広葉樹		水分20% 古木の破砕チップが混入
05		06	
	水分24% 針葉樹 パークの混入比率が高い		水分26% 針葉樹 微細部が20%以上混入
07		08	
	水分28% 広葉樹+松 微細部、パークの混入具合が非常に多い		水分34% 針葉樹
09		10	
	x 燃料としての利用不可 水分40%以上 破砕チップやパークが20%以上混入 エネルギーの多くが水分の蒸発に消費 保管中にカビが発生		x 使用禁止 プラスチック、パーティクルボード、集成材の 破片が混入 有毒ガスが発生

(出所)KWB社 分析資料

JWBA Proprietary

24

水分・熱量・ボイラー出力の関係 - 遠野の実験結果



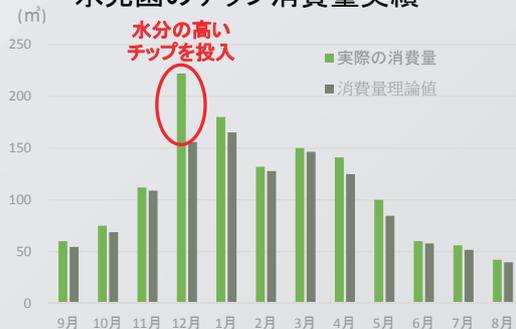
- 2015年12月に水分の高いチップ(40%)を試験的に投入。
- 水分30%チップで想定していた消費量に比べ、4割多くチップを消費。
- 水分が高いとチップ消費量も大幅に増加。

水光園の稼働実績

	年計	12月	3月	
稼働時間、240kWフル出力換算	h	3,364	442	416
エネルギー供給量、稼働時間x240kW	kWh	807,240	106,080	99,720
実際のチップ消費量	① m ³	1,330	222	150
水分30%チップの消費量理論値	② m ³	1,186	155	146
チップ消費量 理論値との乖離①/②		112%	142%	102%

(注) チップ消費量理論値は、チップのエネルギー含有量744kWh/m³(水分30%)、ボイラー効率92%として計算。

水光園のチップ消費量実績



消費量理論値は、チップのエネルギー含有量740kWh/m³、ボイラー効率92%として、計算。稼働時間x240kWx744kWh/m³/0.92。

JWBA Proprietary

25

バイオマスと化石燃料

バイオマスの優位性を最大限引き出す

燃料単価の比較

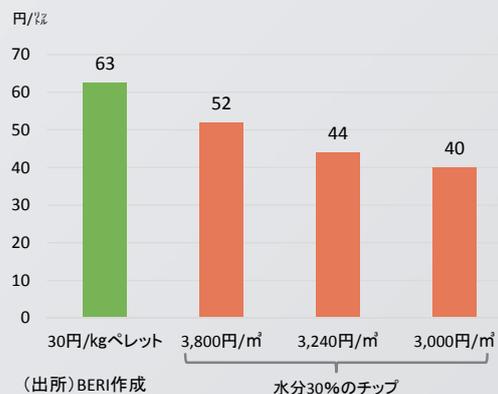
- 石油のエネルギー含有量は、1リットル10kWh。
- チップのエネルギー含有量は、21ページの表参照。
- 水分30%のチップは、744kWh/m³、3,440kWh/トⁿ。
- チップ単価3,000円/m³の場合、
 $3,000(\text{円}/\text{m}^3)/744(\text{kWh}/\text{m}^3) = 4\text{円}/\text{kWh}$ 。
- ペレットのエネルギー含有量は、
 4,800 kWh/トⁿ。

バイオマス価格の換算表

	円/m ³	円/ト ⁿ	石油換算、円/ℓ
ペレット	19,480	30,000	63
チップ (水分30%)	3,800	17,540	52
	3,240	15,130	44
	3,000	13,760	40

(出所) BERI作成

バイオマスの価格(石油換算)

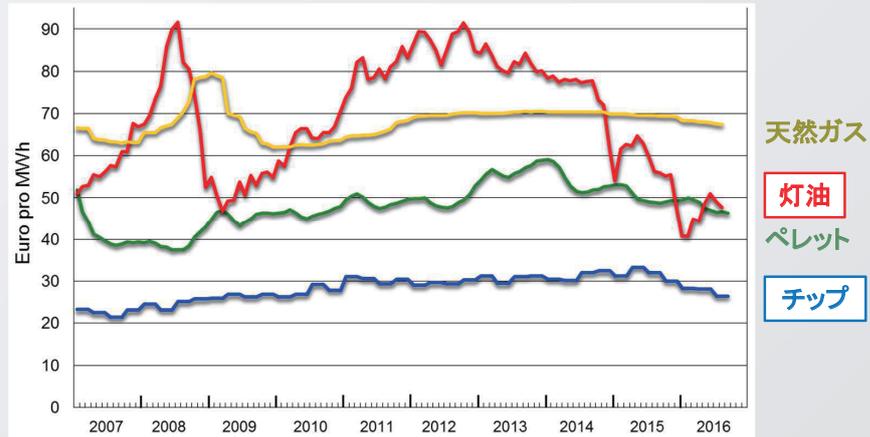


燃料価格の推移



- チップは化石燃料より安価。
- 価格変動が小さく、将来にわたり価格見通しをたてやすい。

バイオマスと化石燃料価格の推移



(出所) CARMEN

JWBA Proprietary

28

地産地消のエネルギー



- 地産地消のエネルギー。地域内で資源循環 + 雇用創出。
- しかもCO2ニュートラルでクリーンなエネルギー。

バイオマスサプライチェーンのイメージ



29

バイオマスと化石燃料のボイラー比較



バイオマスと化石燃料ボイラーの特徴比較

	バイオマスボイラー(小型)	化石燃料
燃料	固体燃料(ペレット、チップ、薪)	液体・気体燃料
瞬発力	小さい(徐々に温度を上げる)	大きい(水から直接お湯ができる)
蓄熱タンク	通常必要	なし
ボイラー価格	高い	安い
燃料価格	安い	高い
設置面積	大きい (サイロや薪のストックエリアが必要)	少ない (燃料タンクがいる)
CO2削減	カーボンニュートラルな燃料なので、ほぼ全量がCO2削減になる	消費量がCO2排出量
耐用年数	長い	短かめ(燃料含有の硫黄分のせい)

JWBA Proprietary

30

小型のバイオマスボイラーの特徴



◆ 本体が小さく設置が容易

- 本体が1トン以下の場合、運搬にも資格等がいらず、ハンドリフターで運搬可能。



◆ 排気がクリーン

- ラムダセンサー(35ページ参照)付きのコンピュータで、完全燃焼になるようコントロール。
- 着火時(数分)以外は、煙が出ない。

◆ 蓄熱タンクとの組み合わせにより、バイオマス100%が可能

- 蓄熱タンクで大きな熱を供給。
- 待機時に熱を予備蓄積し、高需要時に蓄えた熱を放出することにより、高いバイオマス代替率。
- オンオフ運転が可能なボイラーもあり。

◆ 量産型により低価格を実現

- 大型ボイラーは耐火レンガによる築炉なので、高価であるに比し、通常鋼鉄製の溶接となっており、製造コストが安価。

31

- 日本におけるチップボイラーの導入台数 約2,000台と比べると実績は明らか。
- 技術改良・蓄積が進む。

オーストリアにおけるチップボイラー導入実績の推移



注) 参考: オーストリアは人口847万人。
(出所) オーストリア林業・環境・水資源省資料

JWBA Proprietary

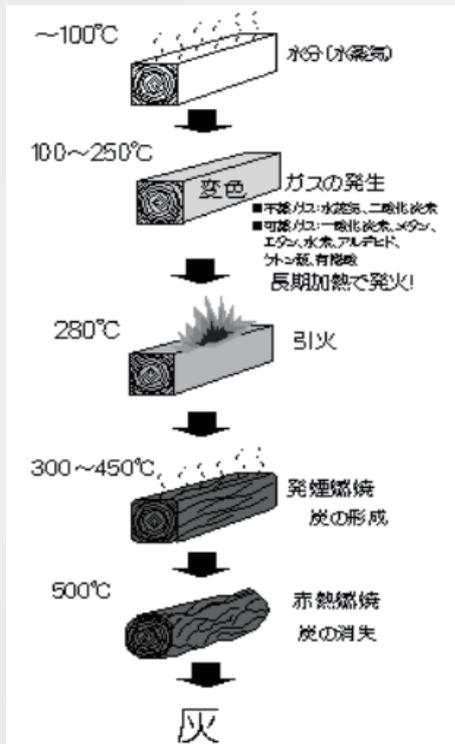
32

バイオマスと燃焼理論

JWBA Proprietary

33

木の燃焼



1. 木には、水分や水素が含まれており、燃えると水蒸気が発生。
2. 木質燃焼は、木を燃やして灰にするなかで、熱を利用。
3. 水蒸気は、水が状態を変換(液体→気体)するだけで、1gあたり589calが必要。
4. 燃える過程は、左図のように、500度程度の温度で完全燃焼させることが必要。
5. 最初の段階で可燃性のガスになるので、燃焼装置にこのガスを二次燃焼させる機構が必要。

JWBA Proprietary

34

燃焼温度の制御



1400度



1000度

NOX生成温度(1300度以上で急上昇)

Si 珪素溶融温度=クリンカ発生



通常燃焼温度(500度から800度)

400度



200度

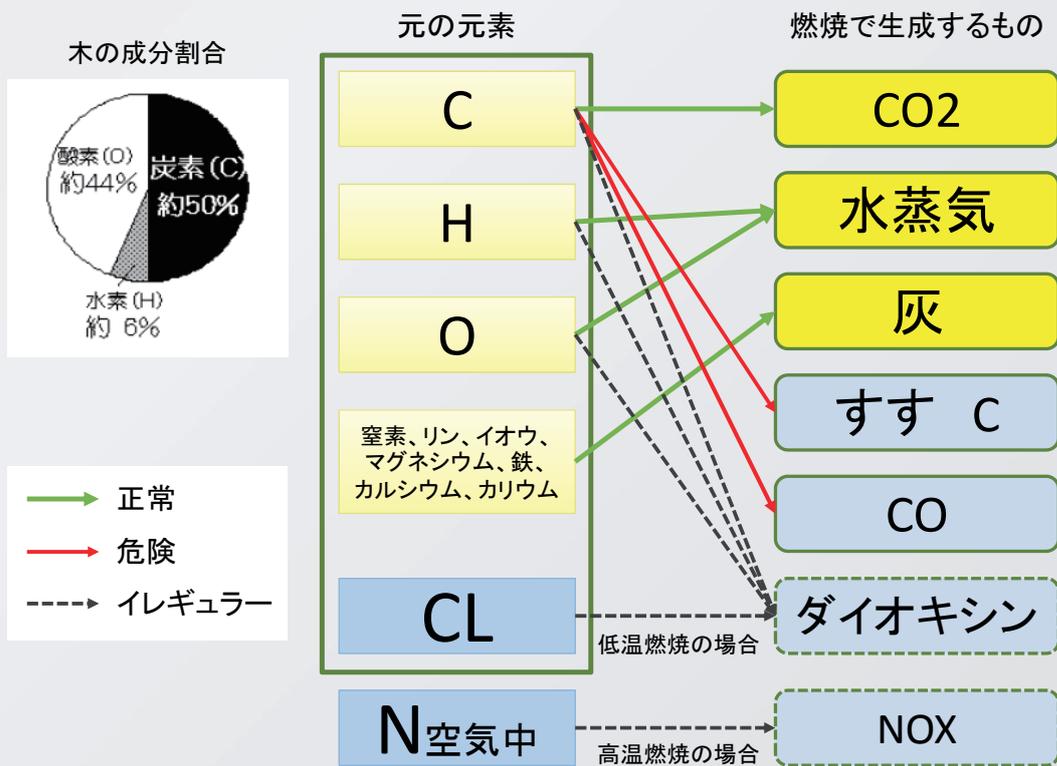
万一塩素が含有されている場合に、ダイオキシンが生成する温度(300度付近で最悪)

※ 最終排気温度は150度程度にして結露を防止している。

JWBA Proprietary

35

燃焼時の成分



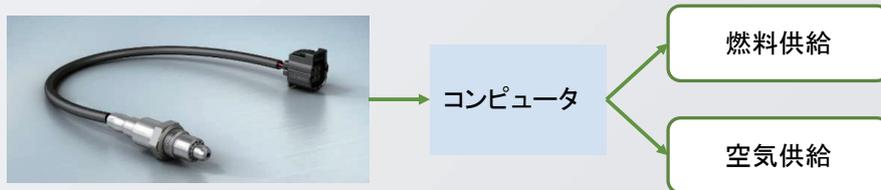
36

燃焼理論



- 適正な空燃比(空気と燃料の比率)を常に維持。
- 正常な燃焼を図るには、燃料供給の自動コントロールが必要。
 - ✓ 燃料はできるだけ燃焼コントロールしやすい大きさにする
 - ✓ × 原木 △ 薪 ○ チップ ○ ペレット △ おがくず(粉体)
- 正常な燃焼を、瞬間瞬間で監視し、空気の量を自動調整することが必要。
 - ✓ × 燃料投入時に燃焼室を開放する方式
 - ✓ ○ ガス化燃焼方式
 - ✓ ◎ ラムダセンサーでコンピュータコントロール

- 排気中の酸素濃度を測るセンサー(自動車エンジンで有名)。
- 酸素濃度を測り、燃料と空気の比を理想比に近づけ、完全燃焼させる。
- 完全燃焼した場合は、空気中の黒煙やすすは発生しない。



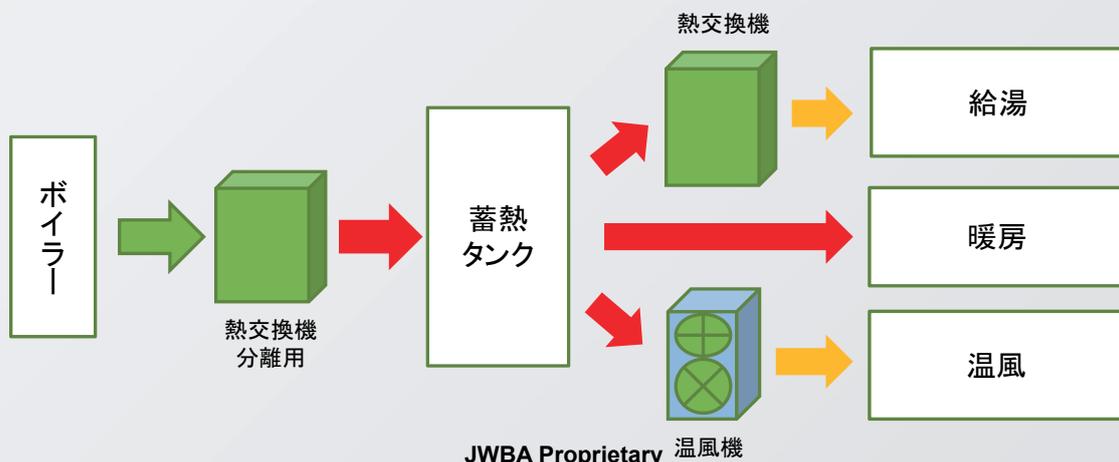
刻々変わるラムダセンサーの値で、 $\lambda=1$ になるように制御する。
センサーは通常排気部分に付け排気中の酸素濃度を測定する。

$$\lambda = \frac{\text{実際の空気と燃料の比}}{\text{理想的な空気と燃料の比}}$$

(ラムダ)

JWBA Proprietary

- ボイラーとは、水(液体)に熱を加え、温水、蒸気を作る機械。温水を作る温水ボイラーと、蒸気を作る蒸気ボイラーがある。
- 木質バイオマスボイラーは、木質燃料(薪、チップ、ペレット等)を燃やして、通常は温水をつくり、その温水を利用する。
- わかした温水を直接利用する場合は少なく、蓄熱タンクに蓄えて、熱交換器を通じて水道水を温めたり、熱交換器を通じて暖房。



JWBA Proprietary

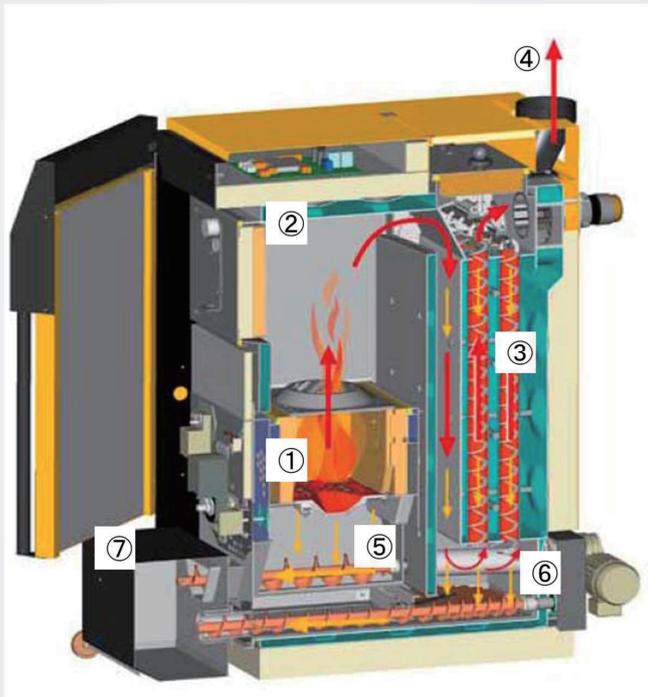
バイオマスボイラーの構造

小型のチップボイラーを中心に

ボイラーの外観



- チップはストーカからスクリューで本体に送られる。
- チップ庫に燃え移らないように逆火防止装置付。
- 前面ドアがあるが、点検用であり、燃焼中は絶対開けない。
- 灰が自動的に貯まる灰箱(アッシュボックス)があり、取り外し可能。



JWBA Proprietary

- 燃料は、ストーカーからスクリュー等で火格子①の上に自動投入。
- 過熱され、可燃性ガスとなった燃料は、二次燃焼室②で高温で燃焼。
- 一度下降して壁で熱を缶水に移した後、再度煙管を上昇して、充分熱を吸収させたのち、煙突④から低温(150度程度)で排気。
- 火格子から下に落とした灰(ボトムアッシュ)⑤と、煙管で落とした微粉の灰(フライアッシュ)⑥は自動灰送リスクリューで前方のダストボックス⑦に自動搬送。

火格子

- チップ等の固体燃料を燃やす場所を火格子 (grate) という。チップは火格子の上で燃焼し、灰は、普通火格子の下に自動的に落とされ排除され、連続燃焼。
- メーカー、種類によって概ね3種類。

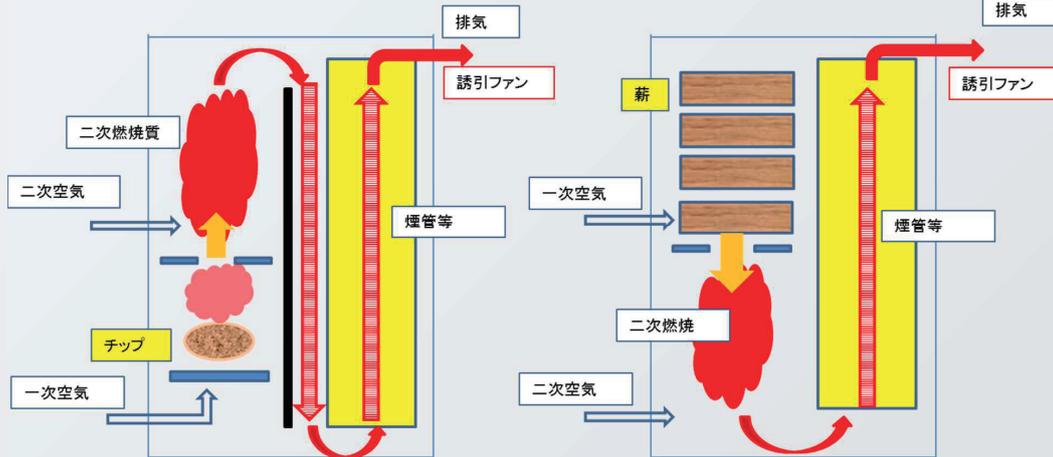
転倒式	分割式	ベルト型
燃え終わると、火格子が90度傾いて、灰を落とす。	燃え終わると、火格子の中心が割れて、灰を落とす。	金属ベルトの上で燃え、燃え終わるとベルトの端から落ちる。
		

※生チップボイラーは、階段式のストーカーと呼ばれる装置上で徐々に乾燥させながら燃やしている。乾燥チップの場合は、乾燥させなくても燃えるので、火格子を導入。

- 木材は、一次燃焼室でガス化して、二次燃焼室で高温で二次燃焼。
- 一次燃焼室には一次空気が、二次燃焼室には二次空気が入る(ファンで吹き込まれる)。
- 誘引ファンで出口で引っ張っており、ボイラー内は普通負圧となり、ガスは外には漏れない。

チップボイラーの空気の流れ

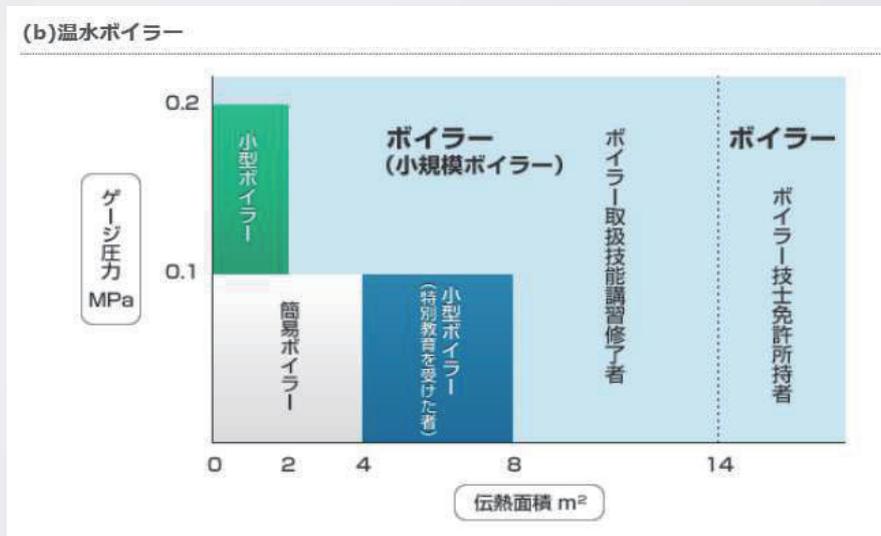
改良型薪ボイラーの空気の流れ



44

バイオマスにかかわる法制

労働安全衛生法に基づくボイラーの分類



注) 簡易ボイラーのみボイラーではない。
密閉型でボイラー水に圧力がかかっている場合は、簡易ボイラー以外はボイラーである。(輸入の場合は、国外指定検査機関の日本向け検査が必要である。)

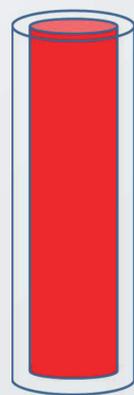
(出所) 日本ボイラー協会のHPより

JWBA Proprietary

46

伝熱面積

- 煙管等で、火炎や燃焼ガスから、熱の運搬をするボイラー水(缶水)に熱を伝える部分の面積を伝熱面積といい、平方メートル(m²)で表示。
- 通常伝熱面積が大きいほど定格出力(kW)が大きく、大型のボイラーとなる。



煙管の場合
内径面積



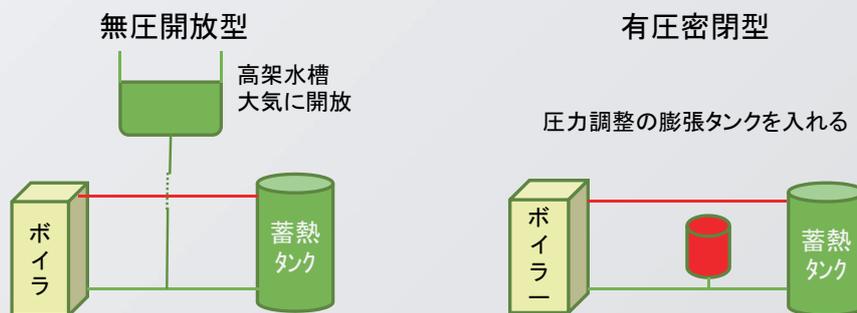
水管の場合
外径面積



壁の場合、火に触れる部分の面積(表裏両面が触れると2倍)

47

- 伝熱面積4㎡以上でも、小型の木質バイオマスボイラーは、無圧開放型にすることが多く、その場合は、労働安全衛生法でいう「小型ボイラー」には該当しない。
- 無圧開放することにより、溶存酸素でボイラーが腐食しないよう、水ではなく、不凍液を使用。
- 無圧開放する場合は、①シスターン(高架水槽)をつけ、②不凍液等を入れ、③定期的に点検確認、溶存酸素対策が必要。シスターン水面は配管の最高点より1m以上高くする必要がある。



48

- 圧力をかけずに、シスターン等の開放タンクをつけると、法的にはボイラーではなくなる。多くの輸入ボイラーがこれを採用。
- 伝熱面積が4㎡以上で、無圧改造しない場合、外国指定検査機関の証明書がないとボイラーとしての運用はできない。

種類	必要な検査	内容
ボイラー	労働局による使用検査に合格	外国指定検査機関により検査し、証明書が必要 (材料のJIS化、溶接検査など)
小型ボイラー	ボイラー協会による個別検定に合格	
簡易ボイラー	不要	ボイラーではない

ボイラー運用に関する法規制



法律	規模要件	規制
労働安全衛生法関係	「小型ボイラー」以上	ボイラー設置届出
大気汚染防止法	伝熱面積10㎡以上	年2回検査
〇〇県生活環境条例	5㎡≦伝熱面積<10㎡	届出 上乗せ規制ある場合
消防法及び 〇〇市火災予防条例	10m ³ 以上のチップ保管庫 ペレットは1,000kg 簡易ボイラー、無圧ボイラーを含む	指定可燃物の届出 火を使用する設備設置届出
建築基準法	チップ庫等10m ² 以上	建築確認申請
廃棄物の処理及び清掃に関する法律	焼却灰	灰処理する場合は、産業廃棄物に該当

- ※ 森林生産物のみを熱利用するものは、焼却炉に該当せず、通常燃料に塩素分も含まれていないので、ダイオキシン検査は不要という運用がされている。
- ※ 近時多くのボイラーはEU基準(EN303-5:2012)によるクラス5を達成している。この基準は主に排出物質についての規制厳格化である。
- ※ 電気用品安全法(PSEマーク)による規制があるが、部品はボイラー一体設備なので適用は無い。PSEマークの無いポンプ等の個々の電気部品は日本で買うことは出来ない。

JWBA Proprietary

50

工事等に際しての規制



ボイラー設置に必要な免許等

資格や登録名	該当条件等	摘要
特定建築業許可	下請け(管工事)3,000万円以上	大規模工事受託
建設業許可(建築、管工事、機械器具設置など)	500万円未満の工事は不要	工事受託の場合
電気工事士	600V以下の工事 60V未満は資格不要	低圧センサー類は資格不要
重量物運搬 玉掛け作業(特別教育)	1t以上のつり下げ、リフト機器	他にフォークリフトなどの技能講習資格が必要な場合がある
配管工事	工事自体に特に資格は不要 受託には、管工事施工管理技士(主任技術者)が必要	
労働基準法 重量物運搬作業 職場における腰痛対策指針	燃料運搬等を雇用で行う場合の指針。おおむね体重の40%以下女子は男子の60% 18才未満・女子 は法令規制あり 年齢等により 連続8~30kg 断続12~30kg	性別、年齢等で最大の重さは異なる 事前検査 6月に1回の検診を推奨
指定給水装置工事事業者	水道接続工事、同時給湯配管	

※家庭用木質バイオマス給湯器工事のように、販売商品の単なる取り付けとして行う場合など、取り扱いが異なると思われるので、個別にご確認ください。

51

バイオマスシステムの基本

用語の定義と仕組みの確認

ボイラー効率とは

- 【定義】 定格出力／定格出力を出すために投入する燃料
 - ✓ 例えば、定格出力100kWを出すために必要とされる燃料が120kW相当の場合
 - ✓ $100/120=0.83$ ⇒ ボイラー効率83%
- ボイラー効率によって、燃料消費量が大きく変わる。
 - ✓ たとえば、100kWボイラーが定格出力換算で年3,000時間動いた場合のエネルギー供給量は、300,000kWh
 - ✓ (参考) 水分30%のチップ $1\text{m}^3=744\text{kWh}$
 - ✓ ボイラー効率80%の場合 $300,000/0.80/744=504$ ⇒ 504m^3
 - ✓ ボイラー効率92%の場合 $300,000/0.92/744=438$ ⇒ 438m^3
- ボイラー効率は、ランニングコストを大きく左右。

稼働時間・稼働率とは



- 【定義】稼働時間とは、**定格出力で**運転した時間。運転時間(出力に関係なく動いている時間)とは異なる。
 - ✓ ボイラーは、出力変動を繰り返しながら運転。
 - ✓ 定格出力100kWのボイラーが、出力50%で1時間運転しても、運転時間は1時間。しかし、この間の実際の熱供給量は50kWh。
 - ✓ 出力100%で1時間運転しても、運転時間は1時間。この間の実際の熱供給量は、100kWh。
- 【定義】稼働率は、稼働時間を年8,760時間(365日×24時間)で割った値。
- バイオマスボイラーの稼働時間は、温浴施設など年間して安定した給湯需要がある場合、3,000～4,000時間が可能(稼働率34～46%)。
- 暖房需要のみの場合、稼働率はその1/3～1/4程度。

JWBA Proprietary

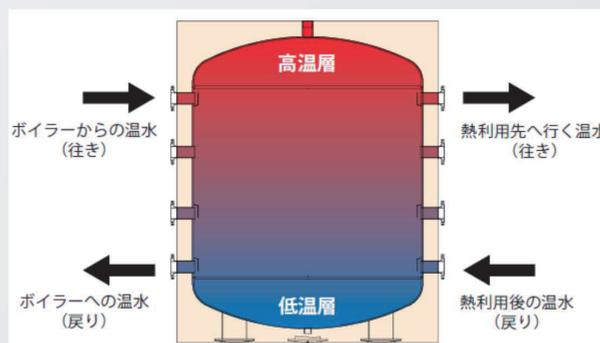
54

温度差の重要性



- 蓄熱タンクの蓄熱量は、**タンク容量×温度差(高温－低温)**。
- タンクの温度差を大きくとればとるほど、タンクの利用可能熱量を引き出すことが可能。
- 温度差をとるようにすれば、その分、ポンプの流量が少なくなり消費電力を抑え、放熱による損失も少なくてすむ。

蓄熱タンクの構造



55

バイオマスの出力規模の決定と熱需要分析

石油ボイラーとの違い

- 化石燃料は出力調整が容易。
- 瞬間の負荷に合わせてボイラー規模を決めれば、ピーク不可から低負荷まですべての熱需要に対応。
- バイオマスの場合に、このような決め方をすると設備過剰となる。

暖房負荷の例



バイオマスボイラーの規模の決定



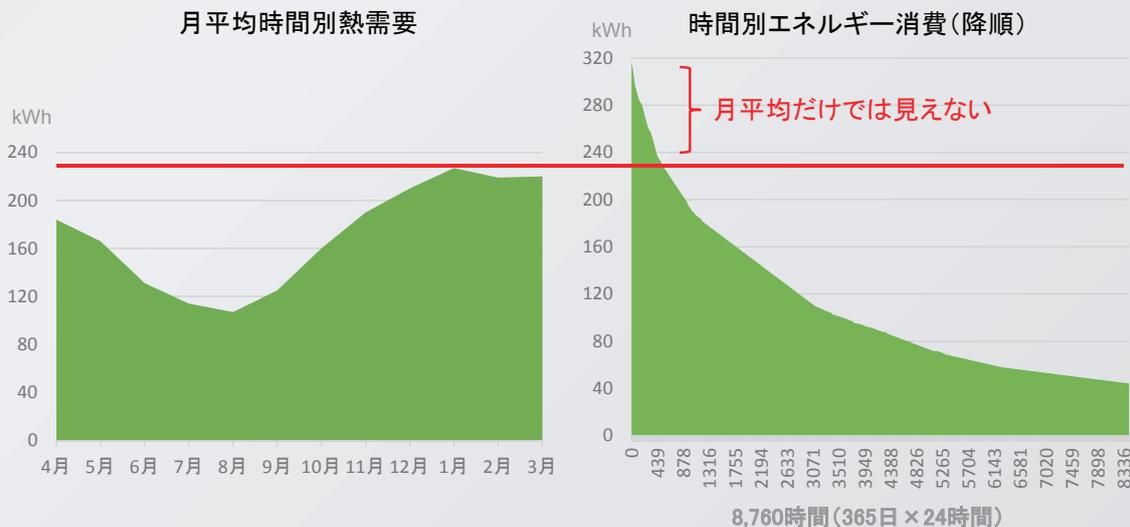
- 基本コンセプトの決定。
 - ✓ バイオマスで熱需要をすべてカバーするか、化石燃料と併用するか。
 - ✓ 断続運転タイプは、熱負荷変動が激しい場合でも、100%バイオマスでのカバーがしやすい。
- 既存施設の場合は、重油やガスなどの燃料消費量を確認。
- 基本は、月別の燃料消費量。
- ピークおよびオフピークについては、日時ベースでのデータがあれば、なおよい。
- 新築の場合は、熱利用の用途、延床面積、断熱性能、給湯に関しては、風呂の大きさや利用方法などを確認。

※これらのデータから、月別の熱需要を試算する過程は煩雑なため、本講義では対象外とする。実際には、建築士や熱エンジニアに依頼。

熱需要分析



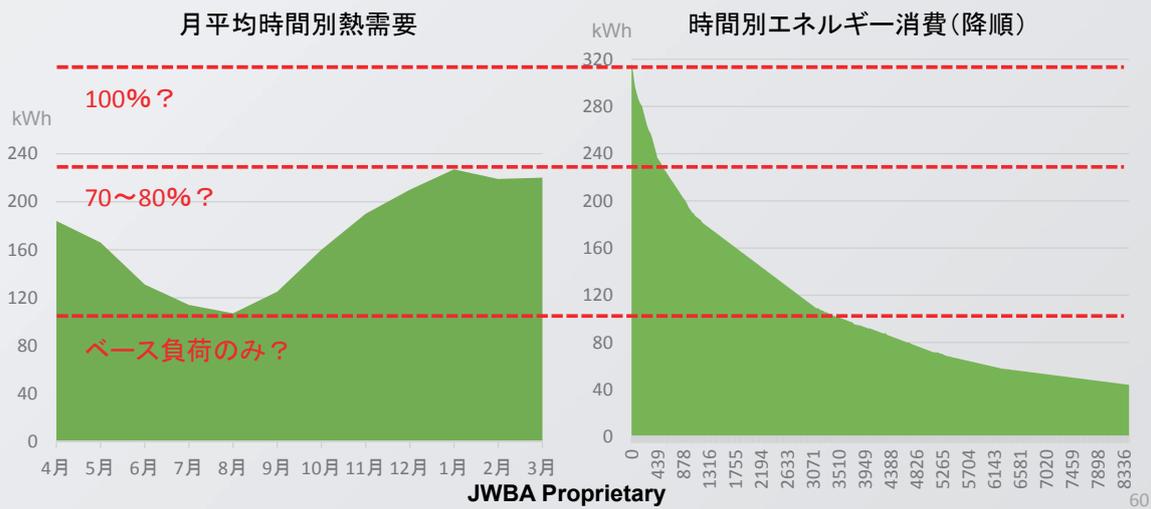
年間11万リットルの重油を消費している温浴施設の熱需要分析例



ボイラー規模の決定



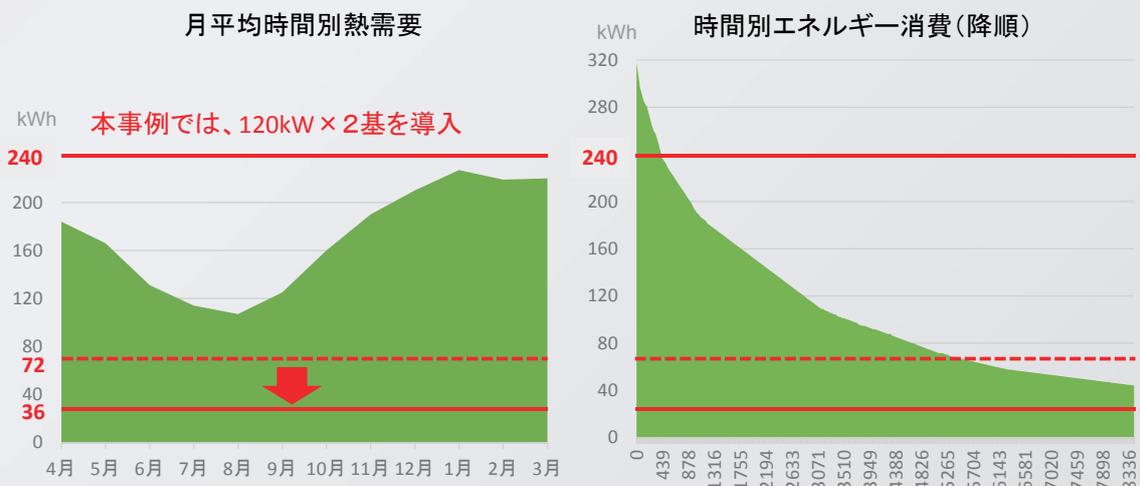
- バイオマス利用のコンセプトが重要。カバー率をどうするか。
- 断続運転が可能なボイラーであれば、蓄熱タンクとの組み合わせにより、100%代替することも可能。
- ベース負荷のみを賄うのは主に大型ボイラーの考え方。
- ただし、ピーク需要の変動が激しい場合は、化石燃料ボイラーで追従。



ボイラー規模の決定

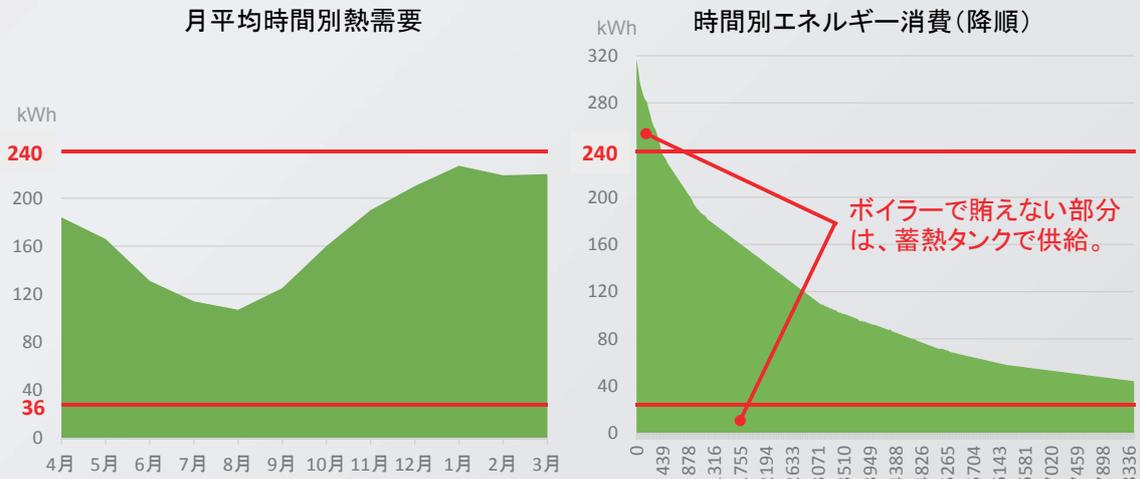


年間11万リットルの重油を消費している温浴施設の熱需要分析例



- バイオマスボイラーは、3割程度まで出力を下げる事が可能(メーカーによる)。
- 複数台にすることで、より低負荷の熱需要まで対応。

年間11万リットルの重油を消費している温浴施設の熱需要分析例



- 蓄熱タンクの大きさの目安は、ボイラー出力1kW当たり20リットル。
⇒ 240kWのボイラーの場合：240 × 20 = 4,800リットル程度

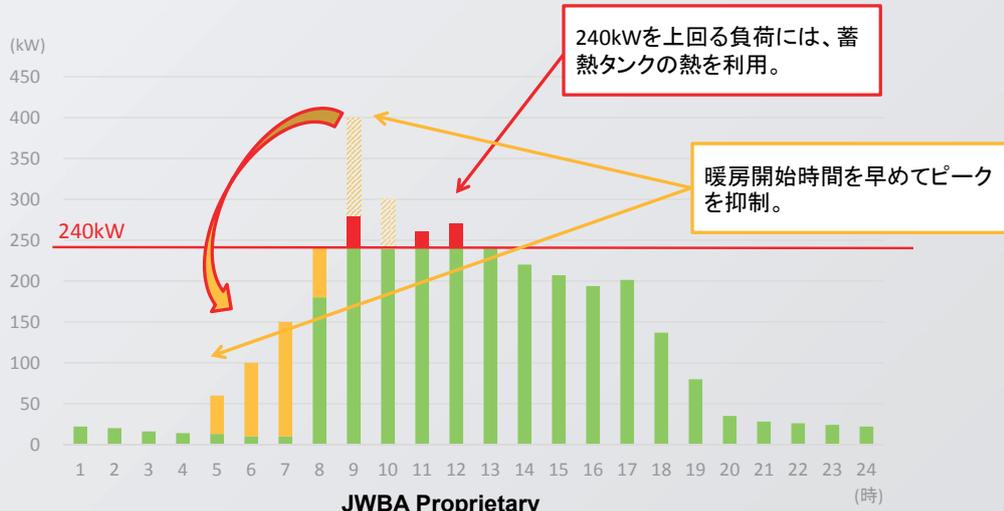
JWBA Proprietary

62

規模決定のポイントー運用面での工夫

- 冬季のピーク需要時には、ピーク前から暖房を開始し、ピークカットをするなど、運用面での対応もポイント。
- バイオマスボイラーはイニシャルコストが高めなので、このような対応によって過大設備とならないようにすることが重要。

バイオマスボイラーの運用によるピークカット



63

バイオマス普及のためのコスト管理

コストの重要性

- 化石燃料価格の低位安定が続く中、バイオマスの本格的な普及のためには、コスト削減が極めて重要。
- バイオマスの優位性はランニングコスト。
⇒ ランニングコストの大半は燃料代。そのほか、メンテナンス等。
どのように燃料代を抑制するか？
- イニシャルコスト(導入費用)は高め。しかし、経験不足にも起因。
- 適切なエンジニアリングによる適切な事例導入。
⇒ イニシャルコスト削減の余地は大きい。

- 燃料代は、ランニングコストの8～9割。
- 燃料消費量を大きく左右するボイラー効率(70%台から94%まで。メーカーによりさまざま)。
- ボイラー効率が高ければ高いほど、投入エネルギー量は少なくて済む。
 - ✓ 100kWのボイラーで効率が94%の場合、必要燃料は、106.4kWh相当。
 - ✓ ボイラー効率80%では、必要燃料は125kWh相当。
 - ✓ 17%もの差。
- ボイラー効率を最大限引き出す前提となる、チップの水管理。
- 水分が高くと、ボイラー効率が低下し、燃料消費量が増加。

- メンテナンス代(年間 数万～数十万円/台)
 - ✓ ボイラー性能・構造。
 - ✓ ボイラーの安定性。
 - ✓ 地域でメンテナンスできるか。
 - ✓ 灰の処理のしやすさ。

⇒ **ボイラーの選定。**
- 電気代
 - ✓ ボイラーの実際の消費電力。
 - ✓ ポンプの大きさと動かし方(需要に応じて水量調整をし、省エネを図る)。

⇒ **システム設計。**

- バイオマスボイラー導入にかかわる経費は、ボイラー設備一式、配管、建屋、電気と施工管理。
- バイオマスボイラーの選定基準。
 - ✓ エネルギー効率、灰捨ての容易さ、メンテナンスのしやすさ、監視機能。
- 設備に関しては、熱需要分析に基づく適切なボイラー・蓄熱タンクの規模、燃料供給装置、ポンプの大きさなど、無駄のない設計。
- 燃料供給装置は、可能な限り単純なものとする
⇒ イニシャルのみならず、ランニングにも影響。
- システムが単純であれば、トラブルも少ない、消費電力も少ないなど、ランニングコストの削減にも直結。
- 配管のコンセプトも重要。

- ランニングコスト、イニシャルコストを大きく左右するボイラー設備。
- 適正な規模の選定。
- 連続運転か、断続(オンオフ)運転可能か。
- 熱需要をどこまでカバーするか。
- エネルギー効率。
- 対応水分。ただし、高水分チップは燃料代の増加につながり、バイオマスの優位性を活かしにくくなる。
- 灰処理の容易さ。
 - ✓ 灰捨ての頻度(灰コンテナの容量)。
 - ✓ 自動クリーニングの有無とその実際。
- メンテナンスのしやすさ。
 - ✓ 地元でもメンテナンスが可能な構造かどうか。
 - ✓ メンテナンス経費の確認。
- 監視システム。
 - ✓ 保守点検コストを左右。

熱回路の設計

熱回路の設計

- ボイラーによって生まれた熱を、配管により熱を伝導し、熱利用機器で放熱する一連の回路を「熱回路」と呼ぶ。
 - ✓ 熱設計は、最も厳冬期・繁忙期等の最大使用量を元に設計。
 - ✓ 熱損失を最小限にするよう、配管・ヘッダー等は保温の措置をする。
 - ✓ 冷暖房を行う箇所は、外気への放熱を最小限にするよう、木質バイオマス化と並行的に断熱の措置を行った方がよい。
 - ✓ 放熱機器は、暖房箇所の広さ、温度差により、必要な能力以上のものを選択。
 - ✓ 使用量を節約するための方法があれば措置を講ずる。

熱交換器(利用機器)



- 熱交換器は、ポンプとセットで熱回路に広く使われている。
 - ✓ 水道水を暖め、給湯するため。
 - ✓ 無圧開放の回路から、密閉配管に熱を伝えるため。
 - ✓ 熱導管から、各回路に熱を伝えるため。
- 1分間に目的の温度(xx度からxx度に上昇)を何リットル送れるかが能力となっているので、各回路の熱需要を計算し、適当な機器と対応したポンプを選択。
- 特に、温泉水を加熱するためには、詰まり対策や腐食防止の措置を行っている機器を選択。

プレート式



シェルアンドチューブ式



家庭用



(出所) 紫波町にて講師撮影

JWBA Proprietary

73

放熱器(利用機器)



- パネル暖房の機器で低温輻射暖房を行う。最も、心地よい暖房と言われている。ラジエーターは銅製と鉄製があり、鉄製は密閉回路が望ましい。
- 浴室や洗面所等、水蒸気が多い場所でははしご形等のさびにくい機器を選ぶ。ハウス等では放熱用の管としてエロフィンチューブが使われている。

ラジエーター



浴室用ラジエーター



エロフィンチューブの例



JWBA Proprietary

74

- 温水から温風をつくる機器を「温風機」と呼ぶ。
- 一般的にハウス暖房ではすぐに温度差が修正できる温風が望ましいとされている。木質バイオマスで温風が必要な場合は、温風式のペレットボイラーや温水を温風に変換する温風器を使う。
- 家庭向けとしてはファンコンベクタが使われる。

ペレット焚き温風機



温水温風機



家庭用ファンコンベクタ



JWBA Proprietary

75

配管の設計

安全度を過剰に設計しないように

JWBA Proprietary

76

- ボイラー設置工事費に占める、配管のコストが日本ではかなり高く、配管施工単価により、大きく全体費用がかかってしまう。
- 仕様を明確にし、2箇所以上の配管業者に工事項目毎に見積もりをもらうこと。
- なぜそのような工事費になるか、工事項目毎に比較検討する。
- できるだけ詳細な配管図をコーディネータ側で作製し、配管方法を明確に指示する。大規模な施設については事前に設備設計の専門家に依頼する。
- 配管図を作成する場合は、無駄な配管(冗長な配管)を可能な限り削減すること。ただしメンテ上不可欠なものはこの限りでは無い。
- 小型のボイラーの場合、供給温度を低く制限し、塩ビ管等の使用も検討する。また、ねじ切り接続で無く、圧着接続(プレス圧着)で行うことも検討する。
- 配管業者とは常に信頼関係を保ち、相互に提言し会えるような関係を築きたい。

※オーストリア等では、50kW程度まで(25mm配管)プレス圧着が行われている。
日本にはまだ温水90度まで対応できるプレス圧着はない。

- 配管の太さはその中を通る熱の量を基本に決定。
- 太さの呼称は2種類あり(A呼称=ミリ B呼称=インチ)、職人さんは通称B呼称を使うことが多い。

呼び方			外径 D (mm)
A呼称	B呼称	通称	
6	1/8	1分 (いちぶ)	10.5
8	1/4	2分 (にぶ)	13.8
10	3/8	3分 (さんぶ)	17.3
15	1/2	4分 (よんぶ)	21.7
20	3/4	6分 (ろくぶ)	27.2
25	1	インチ	34.0
32	1 1/4	インチ2分(インチにぶ)	42.7
40	1 1/2	インチ半(インチはん)	48.6
50	2	2インチ (にインチ)	60.5
65	2 1/2	2インチ半(にインチはん)	76.3
80	3	3インチ (さんインチ)	89.1
90	3 1/2	3インチ半(さんインチはん)	101.6
100	4	4インチ	114.3
125	5	5インチ	139.8
150	6	6インチ	165.2

小型のボイラーでは、赤枠内をよく使う

メインの配管は

- 50kWクラスは25A～32A
- 100kWクラスは40A～50A
- 200kWクラスは80A～100A

配管の流速が重要。

- 抵抗値が少なく、ポンプ負荷が小さくなるようにする。
- ただし、管径が太いと、コストが増大するのでバランスが重要。

- 配管の材質により、コストが大きく変わってくる。

材 質	適用箇所	接続方法
ステンレス管	温泉水等腐食性の水に適する	ねじきり
ライニング鋼管	ボイラー用(耐蝕性)	ねじきり
鋼管(白管)	ボイラー用	ねじきり
耐熱塩ビ管	小規模用家庭用の配管	接着剤で接着
銅管	ラジエーター用の配管	ろうづけ(溶接)
ポリブデン管	暖房ラジエーター、各混合弁に接続する	差し込み
熱導管	地域熱供給用の地下埋設用の配管	



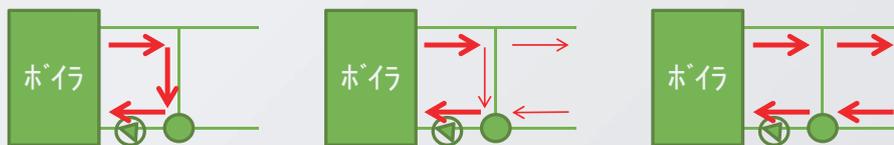
※通常のねじ切り器は80mm程度まで切れる。機材のねじには、テーパねじとストレートねじがあり、日本はテーパねじが多い。

JWBA Proprietary

79

再循環昇温機構(リターンライザー)

- 木質バイオマスボイラー配管の独特の仕組みに、再循環で昇温する機構がある。この装置でボイラーの内部水が暖まるまでは、ポンプと三方弁を自動的にコントロールし、再循環させる。



最初は「内部循環」する

徐々に三方弁が外に変わる

最後は熱が外にでていく「外部循環」になる

- ✓ 三方弁は、入力回路を2方向に無段階に切り替えられる電動弁で、ボイラーからモーターでコントロールされている。
- ✓ ボイラー入口温度をコントロールし、内部の燃焼を最適化するための仕組み。
- ✓ 家庭用ペレットボイラー等には、小型簡便化のためリターンライザーが内部に組み込まれたものもある。

ポンプ(左)と三方弁(右)



電動弁



JWBA Proprietary

80

- ヘッダはボイラーの一般的な機構。熱供給を数カ所に分岐して行う場合、熱供給の圧力を合わせ、供給をスムーズに行うため、分岐管を1箇所に集め、スムーズに供給するため「ヘッダ」を使うことが多い。
- 熱を送る側のヘッダーはサプライヘッダー。送った熱水は温度が下がって戻るが、これもヘッダにまとめ、リターンヘッダーという。
- 分岐が2～3箇所の場合は、必ずしもヘッダーを使う必要はない。

大規模なヘッダー
(北海道地域暖房(株)HP)



小型のヘッダ
(さくら診療所、各部屋のラジエーターへ分岐する架橋ポリエチレンのヘッダ)
下がサプライ、上がリターン

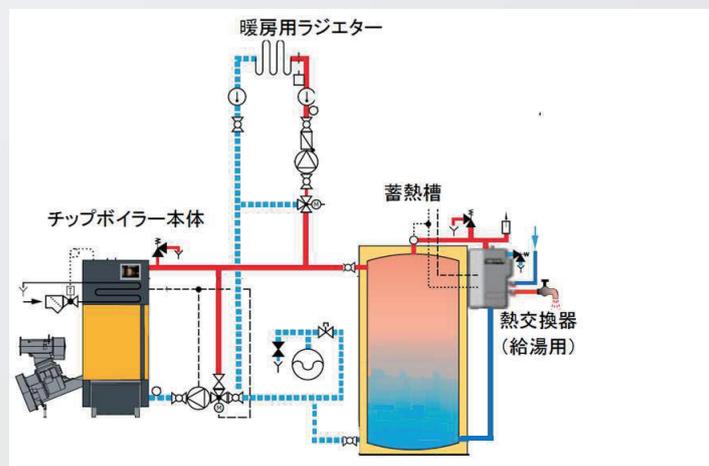


JWBA Proprietary

81

全体の回路構成

- 木質バイオマスボイラーの回路は、次の原則による。
 - ① サプライは蓄熱タンク上部へ、リターンは蓄熱タンク下部へ接続。
 - ② リターンライザーのポンプで、ボイラーに送る。
 - ③ 熱利用回路は、蓄熱タンク上部から各回路のポンプで送る。
 - ④ 熱利用回路のリターンは、リターン温度により、蓄熱タンクの各位置(高さ)に接続。
 - ⑤ 無圧開放の場合は、熱交換器を介して温水を供給。



※詳細な配管は、各メーカー毎に部品等も決まっているので、メーカー代理店に充分相談すること。

82

配管上の具体的な注意点

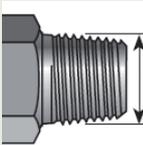


- 空気抜き弁は、必ず配管の最高点に付ける(配管に空気がかむと、循環が阻害される)。
- メンテ用に、適宜閉鎖弁(玉型弁等)を付ける。これは部品の交換時にボイラー水が流出ことを防止する。
- 必要圧力以上になると開放する安全弁を付ける(リターン側)。
- 配管を適宜つり下げ器具等で支持し、部品に力が加わらないようにする。
- 消耗品については、フランジ接続を考慮する。
- 通常開放している弁には、「常時開放」等の表示をし、誤って閉鎖しないようにする。
- 配管、ヘッダー等は、必ず保温の措置をする。
- シール用のパッキンは、耐熱性を考慮して選択(水道用は、耐熱が要求される場合は不可)。

※配管費用は、相当部分を占めるので、必要以上の材質や、必要以上の太さにしないように十分検討する。

覚えていたい配管用語



画像	名称	用途	画像	名称	用途
	エルボ	回転部分をいう。方向を変える場合に用いる		フレキ	細い管を自在に繋ぐことができる。
	チーズ	分岐させたり、合流させたりするとき使う		テーパねじ (Rねじ)	密着させるため、左図のようにだんだん太くなっているねじ。一定の太さのねじをストレートねじという
	ブッシング	管の口径を変えるとき使う。		ユニオン	袋ナットで、締め付けパッキン接続する
	ニップル	メスねじとメスねじをつなぐ継ぎ手。			

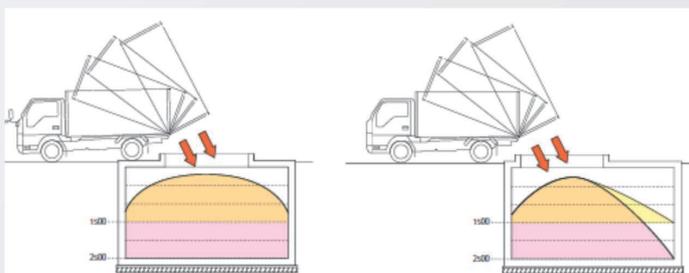
建屋の設計

サイロとボイラー室

サイロ設計のポイント

- ① 十分な容量を確保すること(最低ピーク時の7日分)。
- ② サイロの実質充填率(50 ~ 70%)を考慮すること。
- ③ 充填率を高められるように、投入口を中央に設けること。
- ④ ダンプなどで燃料搬入できるようアクセスを確保すること。
- ⑤ サイロとボイラー室の間の壁は防火壁とすること。

投入位置の違いによる充填率の違い



投入に手間がかかる事例



理論上必要なサイロ容量の計算例



- ピーク時の1日当たり必要エネルギー量：
 $240\text{kW} \times 19\text{時間} \div 0.92 = 4,956.5\text{kWh}$ (0.92はボイラー効率)。
- これをチップ(水分30%)で賄う場合、
 $4956.5\text{kWh} \div 744\text{kWh/m}^3 = 6.7\text{m}^3$ 。
- 必要なチップ量をピーク時7日分とすると、
 $6.7\text{m}^3/\text{日} \times 7\text{日} = 47\text{m}^3$ 。
- 充填率65%とすると、 $47/0.65 = 72\text{m}^3$ 。
- したがって、サイロの容量は、72m³が目安。

➡ 実際には、物理的なスペースや、ユーザーの希望、用意できるトラックや輸送距離の等を考慮して、設計。

建屋とサイロ



- 燃料投入方法により、サイロ構造は地上式と地下式の2つ。

地上式



- ダンプによる燃料投入ができないため、ホイールローダーを使用。チップの入れ込み作業の手間が発生。
- 地下式に比べてボイラー設置が楽で、建屋のコストを抑えることが可能。

地下式



- ダンプで直接燃料投入が可能。日常の手間が少ない。
- 地上式に比べて、建屋コストがかかる。

平置き式の導入事例



JWBA Proprietary

89

地下式の導入事例



JWBA Proprietary

90



- 傾斜地を利用できれば、サイロを地下、ボイラーを地上に置く等の2段階式が可能。
- コストを抑えることができる。

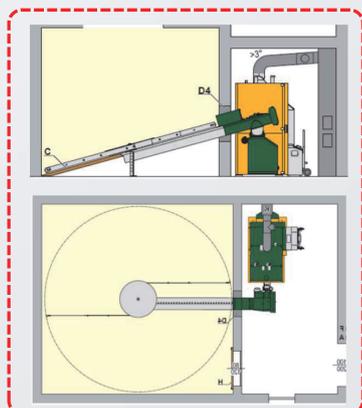
JWBA Proprietary

91

- ボイラーと燃料供給の接続は、可能な限り簡単なシステムとする。
- 詰まりにくい、駆動モーターが1個で消費電力が少なくてすむ等々、ランニングコストにも影響。

建屋とサイロの配置のパターン

最もシンプルな組み合わせ



92

- ボイラーの排ガスは、煙道を通り、煙突内を上昇し排出（この上昇気流をドラフトと言う）。
- 最適な燃焼のためには、適切なドラフトが前提。
 - ✓ 煙突径が大きいほど、煙突の通気抵抗が小さい。
 - ✓ 煙突が高いほど、排ガス温度が高いほど、ドラフトが強い。
- 排ガスが煙道・煙突を通る際には、排気温度も低下。このため、煙道は可能な限り短くし、煙突は断熱性能の高いものを使用。

- ボイラー室の必要面積。
 - ✓ ボイラーの大きさではなく、メンテナンスを考慮した必要最小面積を確認（メーカー仕様参照）。
- 換気口。建物の上下2か所。
 - ✓ 1kW当たり 0cm^2 以上（メーカー指針あり）。
 - ✓ 換気口は大きければ大きいほどよい。
- 煙道。
 - ✓ できるだけ短く。
 - ✓ ボイラー排ガス口から煙突接続部に向かって一定以上の角度を確保。
- 水道、排水溝（ないし排水ピット）。
- ボイラー設置工事のしやすさ。
 - ✓ ボイラー、蓄熱タンクをどこから入れるか。
 - ✓ ボイラー室扉の大きさ。

運用

運用開始時の取り決め事項

- 運用開始後、ユーザーで対応する保守、メンテナンス事項はボイラーメーカーにより大きく異なる。
- ボイラーメーカーと役割分担を明確にし、製品保証規定や保守点検業務委託契約を整備。
 - ✓ 日常点検
 - ✓ 定期メンテナンス
 - ✓ 故障対応・修理

某メーカーの保守・メンテナンス事例

実施項目		役割分担		備考
		ユーザー	メーカー	
日常点検	灰の除去	●		<ul style="list-style-type: none"> ● 灰は自動で灰受けコンテナにたまる。 ● 灰受け容量は70L。 ● ピーク時で2週間に1回程度。 ● 1回当たり5分程度(場所による)。
	点検	●		<ul style="list-style-type: none"> ● 灰の除去以外特になし。 ● 目視程度。
	その他			<ul style="list-style-type: none"> ● 特になし。
定期メンテナンス		● ← ○ 引き継ぎ可		<ul style="list-style-type: none"> ● フル稼働換算で1,500～2,000時間毎。 ● 年1～3回に相当。 ● 1回当たり2～3時間。 ● 熱交換器の清掃、各種ファンの清掃、チップ供給スクリュウの点検等。 ● 研修・認定を受ければ地元で対応可能。
故障対応・現地修理			●	<ul style="list-style-type: none"> ● 登録したメールアドレスにアラーム送信。 ● PCで遠隔操作できるため、それでカバーできることが多い。 ● 現地修理が必要な場合は72時間以内に対応。

※メーカーにより手間暇が大きく異なるので、よく確認すること。

97

プロジェクトマネジメント

バイオマスボイラーシステム導入の手順



JWBA Proprietary

99

バイオマスのエンジニアリングチェックリスト

メーカーに対するチェックリスト

項目	確認する内容
ボイラーの運転タイプ	断続運転タイプか。連続運転タイプか。
ボイラー規模	熱需要に対して妥当な規模か。そのカバー率は？ 蓄熱タンクとの組み合わせは妥当か。
ボイラー効率	ボイラー効率は明示されているか。燃料消費量、つまりランニングコストに直結。 燃料消費量の計算は妥当か。水分に応じたチップのエネルギー含有量、ボイラー効率を考慮した値か。
対応水分	メーカー表記は妥当か。実際の導入事例での確認。
対応チップ形状	ボイラーが対応できるバークや微細部分の混入割合は。ボイラーによって、これら混入比率が高いと詰まる、うまく燃焼できないなどの症状が起こりうる。
燃料搬送装置	ボイラーとの接続が複雑になりすぎているか。モーターが多すぎないか。 もっとも簡単なシステムは、スクリーがボイラーの直結する方法。最大でも2段階。それ以上は問題外。
サイロの大きさ	サイロは十分な容量か。ピーク時1週間分のチップを保管できるか。充填率も考慮されているか。 4トン以上のトラックで搬入できるアクセスを確保しているか。 投入しやすい構造となっているか。
ボイラー室	換気は十分か。 ボイラー設置工事がやりやすい構造になっているか。 排水口ないし排水ピットの確認。
煙突・煙道	煙突の高さは十分か。断熱性能は十分か（結露するとタールがつきやすくメンテナンスが大変）。 煙道は長すぎないか。角度をとっているか。
既存システムへの接続	どのようなコンセプトで設計しているか。 ポンプや管の配置は妥当か。
灰の処理	灰の量の確認。 灰の形状の確認。できれば、実際の写真を提示。 灰捨て頻度の確認。灰コンテナの容量・形状。灰の捨てやすさ。
メンテナンス代	定期メンテナンス項目が明示されているか。 メンテナンスの頻度・根拠と項目は。 金額は妥当か。 スペアパーツの保管状況は。
ボイラー設備 金額	ボイラー本体、遠隔監視システム、ポンプ、熱交換器、蓄熱タンク、煙突。燃料供給装置 その他、ボイラー室内配管、ポンプ、三方弁。

100

平成 29 年度 木質バイオマスエネルギー地域実践家育成研修会 テキスト

平成 30 年 3 月 発行

発行： (一社)日本木質バイオマスエネルギー協会

<http://www.jwba.or.jp>

〒110-0016

東京都台東区台東 3 丁目 12 番 5 号 クラシックビル 604 号室

電話:03-5817-8491 FAX:03-5817-8492

Email:mail@jwba.or.jp

本書は、平成 29 年度林野庁補助事業「木質バイオマス利用支援体制構築事業(相談・サポート体制の確立)」により作成しました。