

欧州の木質バイオマス利用の最新動向と 日本でのビジネス展開について

梶山恵司

BERI 株式会社

世界バイオエナジー協会常任理事

東京都千代田区紀尾井町3-32 紀尾井町ヒルズ

電話 03-4405-8088

beri.co.jp

info@beri.co.jp

2018年7月5日

1. 木質バイオマスの基本は熱。

結論が出た木質バイオマス発電。

2. 木質バイオマスエネルギー利用の原理原則の整理とその徹底。

3. 原理原則に基づく真のモデル事例を構築。

その拡大再生産により、点を面に。



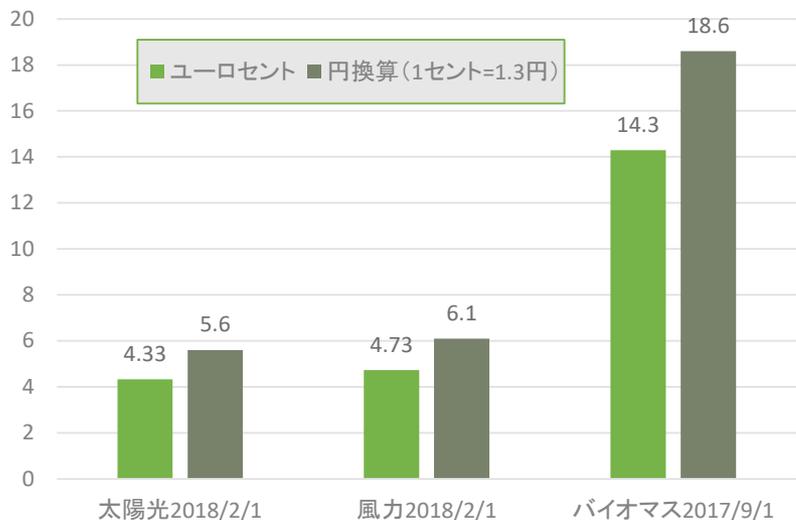
バイオマス発電と熱利用

ドイツのバイオマス発電の経験

結論が出た木質バイオマス発電

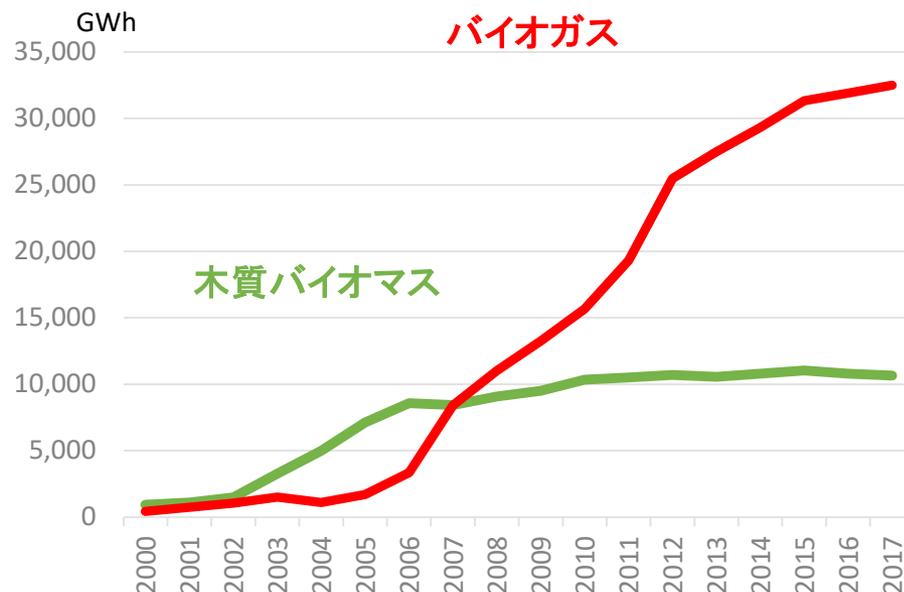
- 欧州の太陽光/風力発電の価格は、5~6円/kWh。風力も大差ない。
- 燃料を必要とするバイオマス発電のコスト削減も限界。
- 将来にわたり競争力がないことが明らかに。
- ただし、家畜糞尿系のバイオガスは、廃棄物処理、調整電源としての意義。

再生可能エネルギー平均落札価格
/kWh



出所: Ergebnisse der Ausschreibungsrunde, Bundesnetzagentur

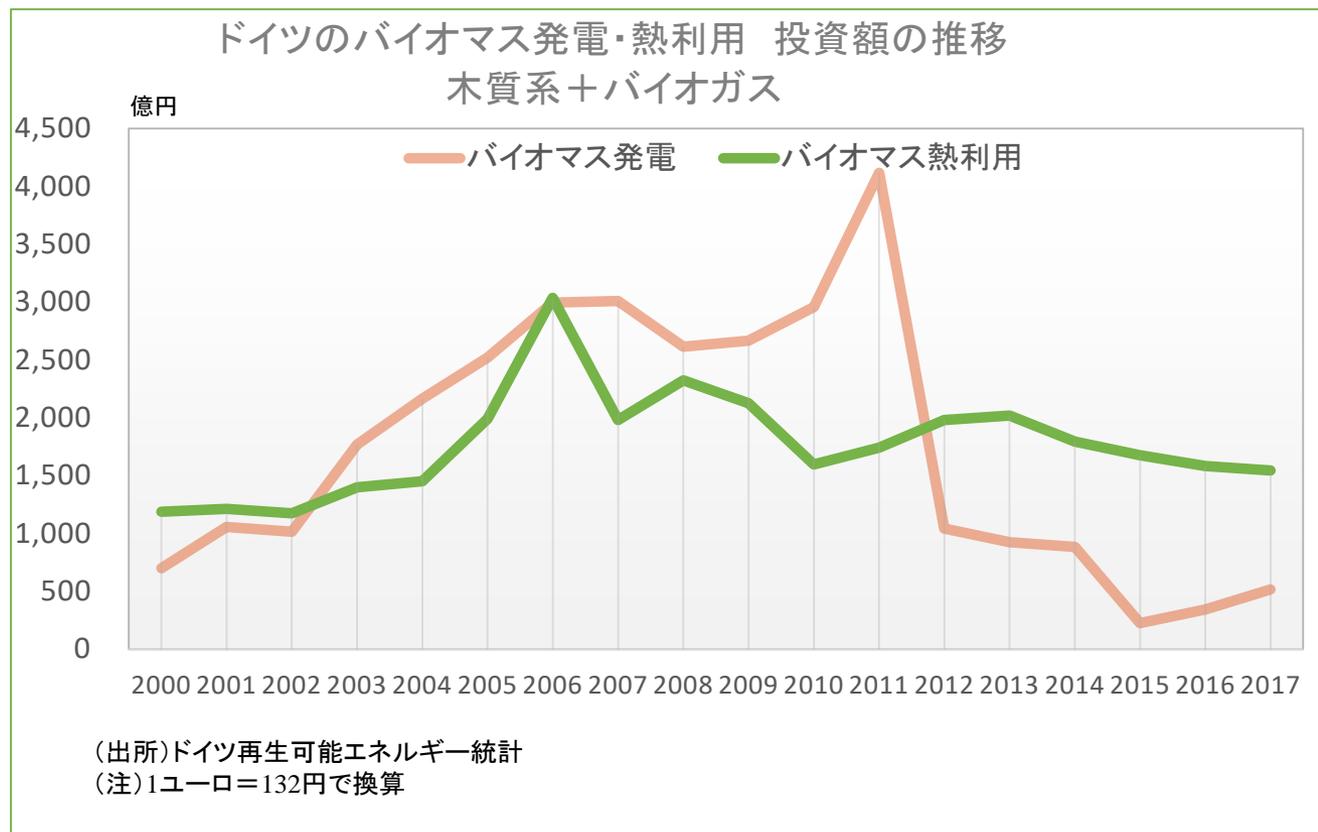
ドイツの木質バイオマス、バイオガス発電量



(出所)ドイツ再生可能エネルギー連邦経済エネルギー省、再生可能エネルギー統計

木質バイオマスの基本は熱利用

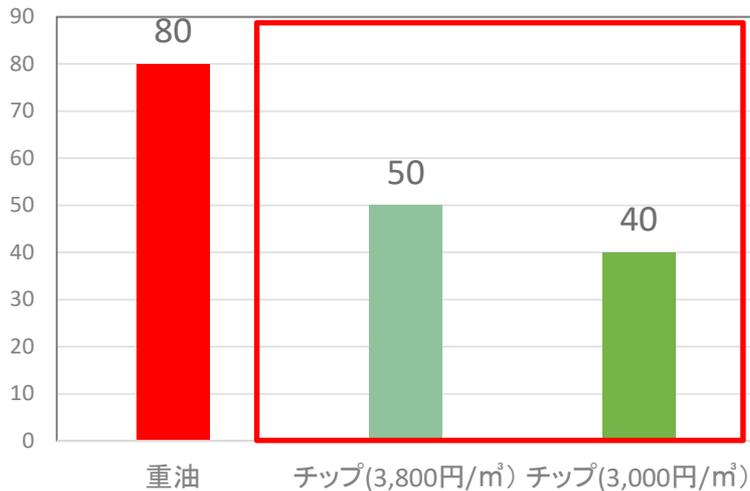
- ❑ 発電の設備投資は大幅に減少(515億円)。
- ❑ 熱利用の設備投資は安定して推移(1500億円)。
- ❑ 木質バイオマス熱利用は、エネルギー効率が高く、燃料代も安い。
- ❑ 木質バイオマス発電をあえてやる意義は？



バイオマス熱利用のメリット

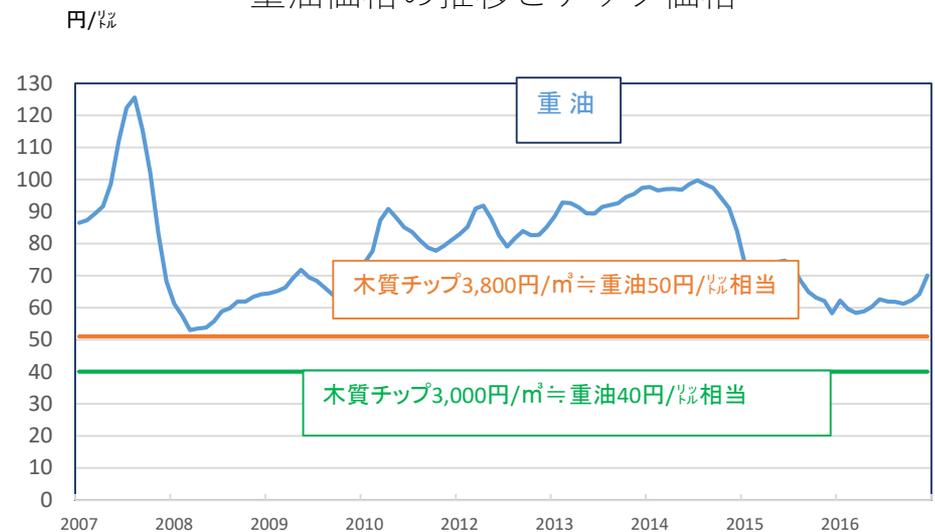
- 化石燃料を代替、カーボンフリー
- 燃料代の削減効果
 - 化石燃料に比べ割安。石油換算で、40～50円/リットル。
 - FITはランニングコストへの補助、バイオマス熱利用はイニシャルへの補助。
- 長期的な価格安定
 - 国際市況商品である化石燃料の価格は乱高下。先行きも予測困難。
 - 地域から産出される木質チップは、価格も安定。長期的な見通しを立てることが可能。

重油とチップの価格比較(重油換算)
円/リットル



(注) チップ水分30%を想定。

重油価格の推移とチップ価格



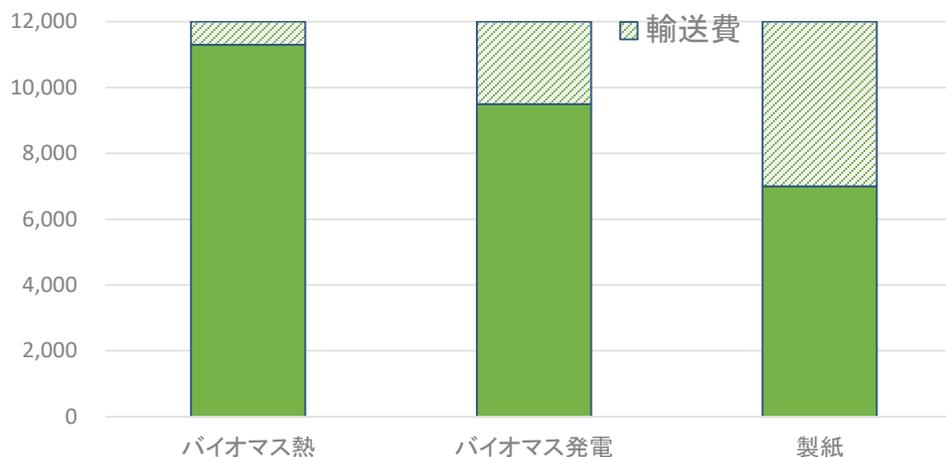
(出所) 石油情報センター 大型タンクローリー

(注) チップ水分30%、エネルギー含有量744kWh/m³として計算

使えば使うほど地域が潤う熱利用

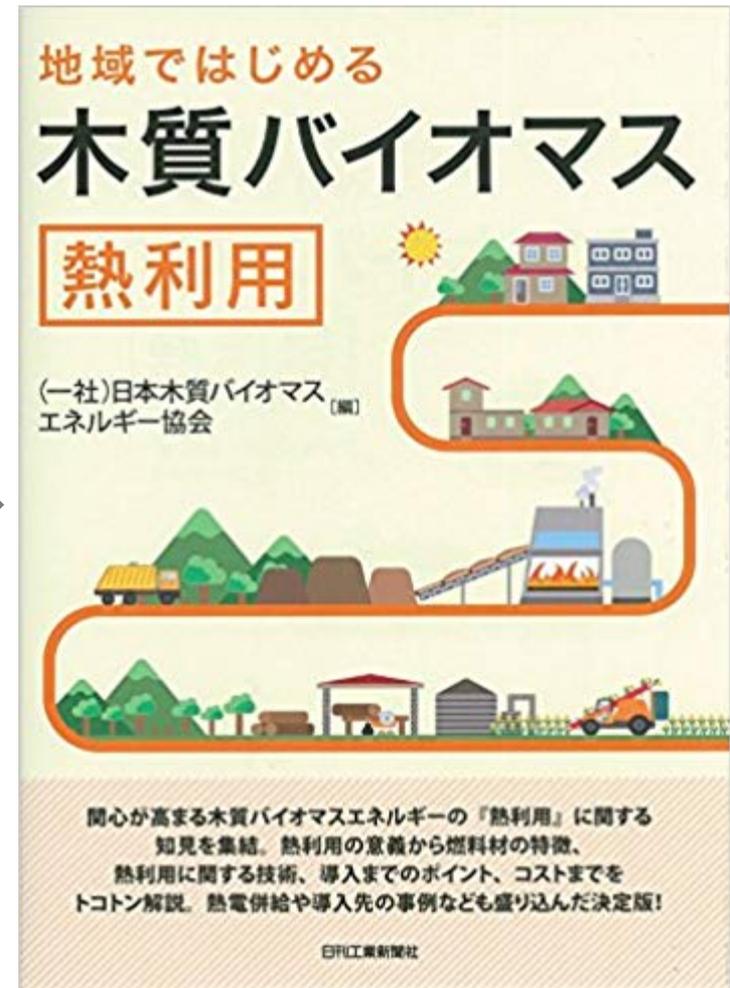
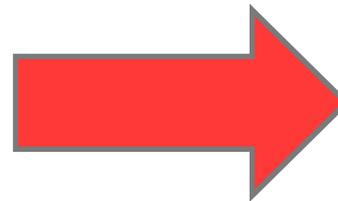
- チップ価格は重油より割安で、長期的にも価格が安定。
→ユーザーのメリット。
 - 近隣に需要があるため輸送コストが割安。
 - 発電用の認定材にこだわる必要なし。発電にも、製紙用チップにもならない残材も利用可能。形状にもこだわる必要ない。
→燃料供給者のメリット。
- ⇒ 使えば使うほど地域が潤う。

熱・発電・製紙用チップの手取り価格比較
円/トン



(注) チップ工場着価格を一律12,000円と仮定。

木質バイオマス利用技術における原理原則



1. バイオマスボイラーの利便性・イノベーションに関する欧州の実際
2. バイオマスボイラーのタイプ
欧州で広く普及する断続運転タイプの小型ボイラー
3. エネルギー効率・システム効率をいかに向上するか
⇒ボイラー効率、熱損失・電力消費量
⇒経済性の向上、地球環境問題への貢献
4. 燃料搬送のトラブルをいかに極小化するか
5. 「エンジニアリング」の体系的整理

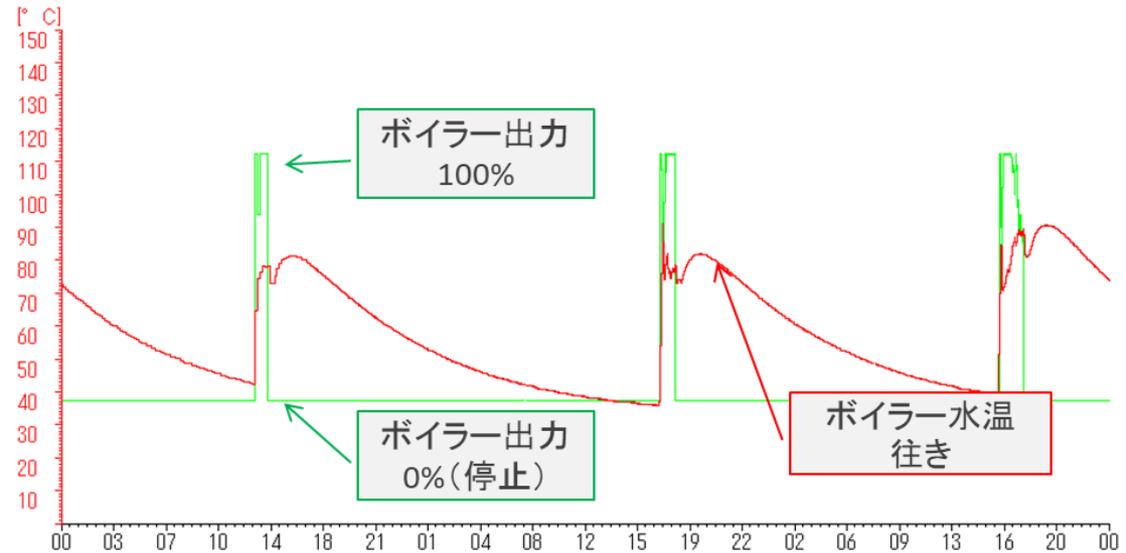
1. バイオマスボイラーはオンオフ運転ができないので、ベース需要をカバー。したがって、化石燃料ボイラーと併用。
2. 熱負荷変動への追従性が悪い。
3. 自動運転できない。朝オンにして夜オフにする。
4. バイオマスボイラーでは燃料がつまるのはやむを得ない。
5. 灰の処理が大変。
6. 使い勝手では、油・ガスボイラーにはかなわない。
⇒ バイオマスボイラーは、苦勞して使うもの。
7. 総合的なエネルギー効率が劣る(ボイラー効率、熱損失、電気消費量)。

バイオマスの負のイメージを払拭

誤解1. 「バイオマスボイラーはオンオフ運転ができないので、ベース需要をカバー。したがって、化石燃料ボイラーと併用」

欧州で普及する断続運転タイプのボイラー。100%バイオマスが可能。

断続運転例
(夏季3日間)

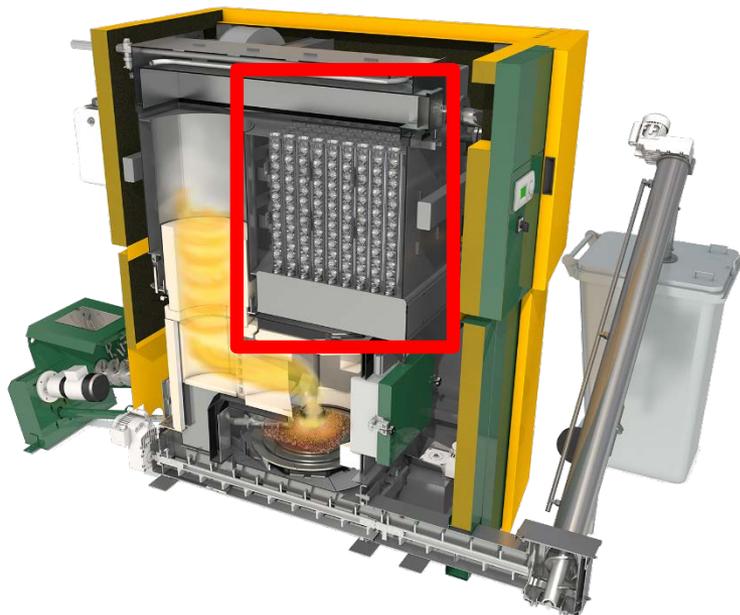


連続運転例
(冬季3日間)



断続運転可能タイプ

- 熱交換器が縦型で、燃焼炉と一体。
- 内臓小型モーターによる熱交換の自動クリーニング。
- 量産小型で安価。設置工事も容易。
- メンテナンス性に優れる。
- 乾燥チップ利用(40～45%。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。
- 水分の高いチップを燃焼できる構造にすることが可能。
- 設備は高価だが、低質の燃料に対応するので、燃料代を抑制することができる。

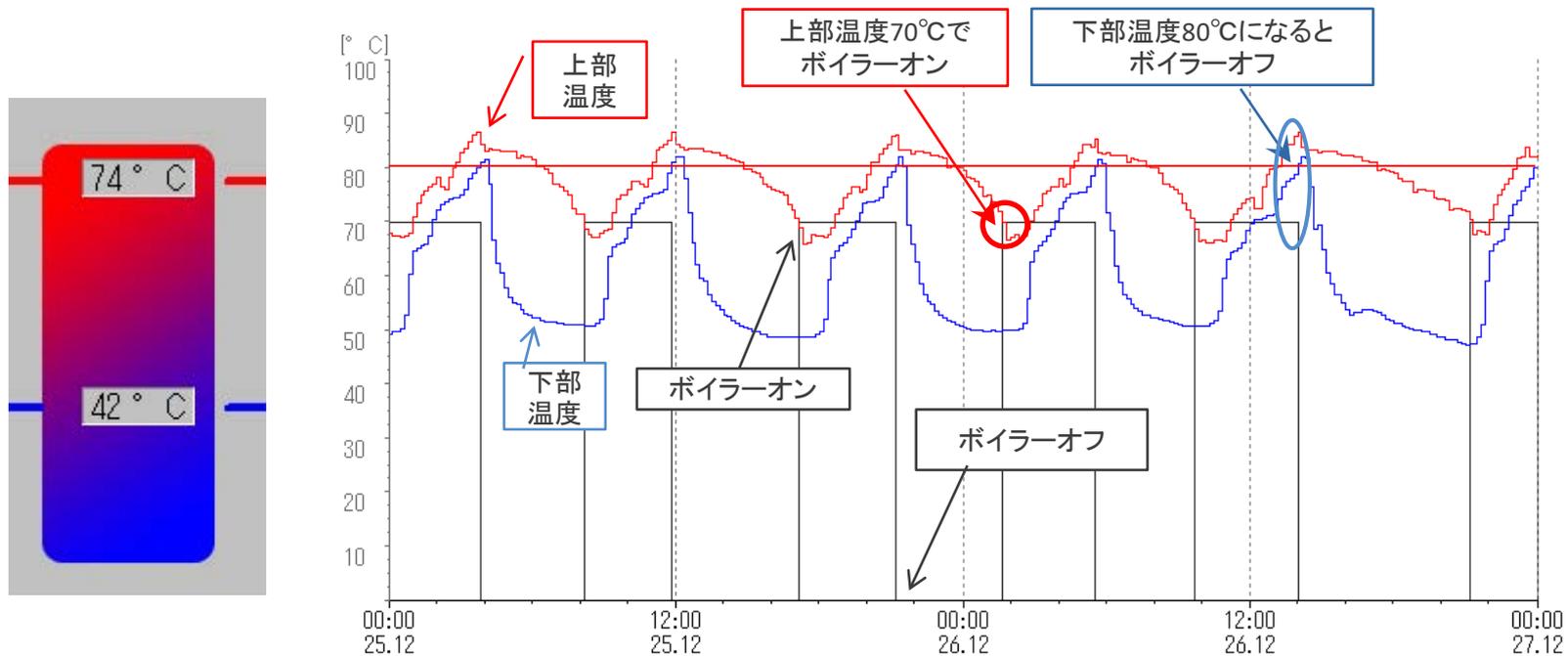


誤解2.「熱負荷変動への追従性が悪い」

誤解3.「自動運転できない:朝オンにして夜オフにする」

- バッファータンクの温度を一定の範囲に保つようにボイラーが熱を供給。必要に応じ、オンオフを繰り返す。暖房や給湯にはその熱を利用。熱負荷変動にも柔軟に対応。
- たとえばバッファータンクの温度を70°Cから80°Cに設定した場合、バッファータンクの上部温度が70°Cに下がるとボイラーが起動してバッファータンクに熱を供給。下部温度が80°Cに達したらボイラーが停止。
- このプロセスはすべて自動。燃料の着火は電気イグニッションヒーターにより行われる。

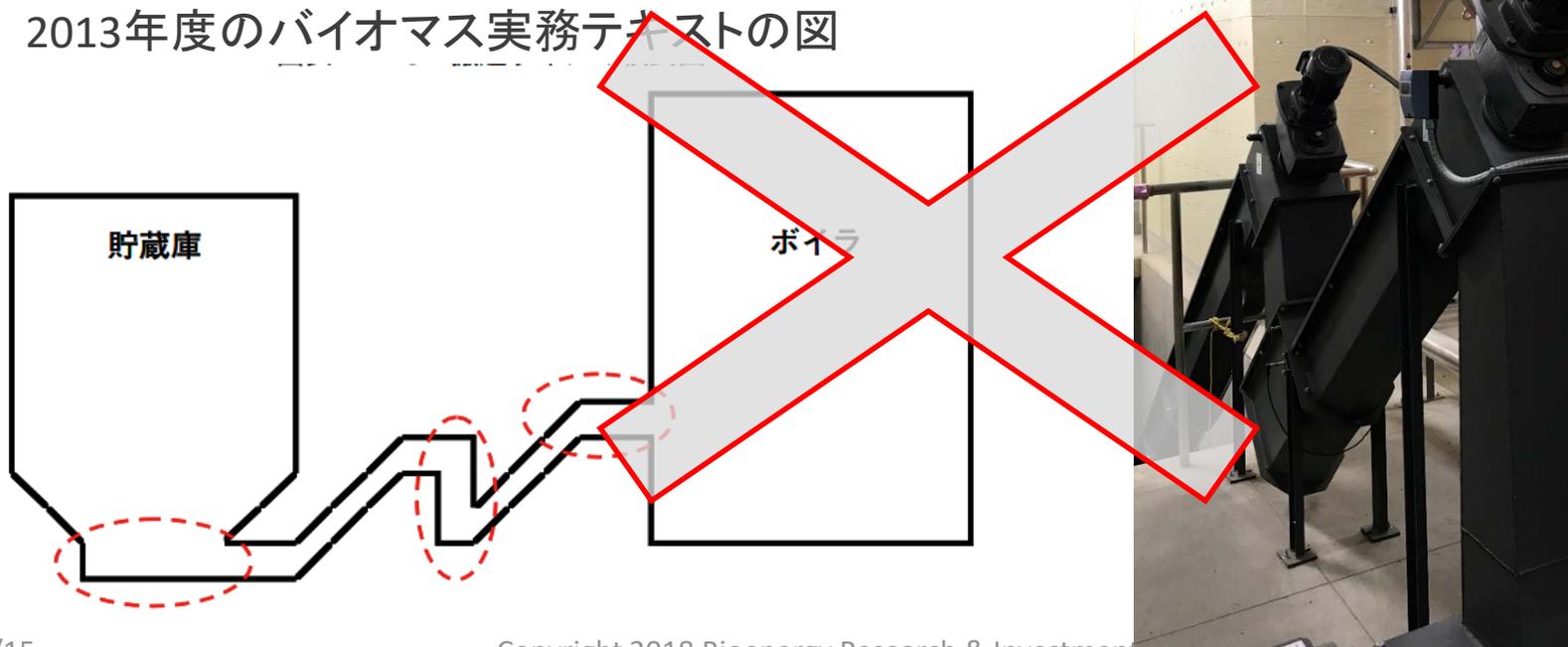
バッファータンクの温度とボイラー・オンオフの関係



誤解4. 「バイオマスボイラーでは燃料が詰まるのはやむを得ない」

- 適切なエンジニアリングで対応可能。
 - 欧州では燃料搬送技術の経験・ノウハウの蓄積が進む。
 - 多段階燃料搬送を避ける⇒最大でも2段階。
 - 燃料を地下から地上へ送る場合、スクリューの角度を一定以下に抑える。
 - 十分な容量の燃料搬送用モーターを選定する。

2013年度のバイオマス実務テストの図



- 化石燃料ボイラーと異なる最大のポイントの一つ。
 - 灰の発生は避けられない。
 - 可能な限り灰の発生量を抑える⇒水分管理されたチップを使う。
 - 使い勝手の良い大容量灰コンテナ。



誤解6. 「使い勝手では、化石燃料ボイラーにはかなわない」
⇒ 「バイオマスボイラーは、苦勞して使うもの」



KWB
The Biomass Heating System

導入システムとKWBバイオマスボイラーについて：2017年2月稼働開始
KWB Multifire 120kW × 2台 + EmpaEco 3000 ℓ

群馬県たんげ温泉美郷館

(住所) 群馬県吾妻郡中之条町大字上沢1521-2 (電話) 0279-66-2100

 **WB**
Energy
株式会社WBエナジー

観光経済新聞2017年4月27日

このチップをオーストリア製KWBバイオマスボイラー2台で燃やします。インターネットを經由して遠隔監視や操作ができるため、高山さんは**出張先でもスマホでボイラーを管理しているそうです。あまりにも便利で驚きました。**

「初期投資は大変ですが、これまでの灯油や電気代を考えれば、運用にかかるコストは寒い冬季はとんとんですが、暖かくなってきた春は利益が出ています。宿の仲間たちは灯油代の負担で厳しい経営状況に置かれることが多いので、仲間たちにもメリットを話しているんですよ」。

さらに「灯油を燃やすよりも、木材を燃やす。その木材を得るために間引きをする。**最終的には森を生き返らせる、そんな仕組みをつくりたい**」と、50年後の森の未来まで語る高山さん。林業の家で生まれ育ち、木の力を知る高山さんならではの言葉です。

次世代のエネルギーを考える際に、この取り組みはこれから注目されます。高山さんは視察も受け入れています。その際には、美郷館の湯に浸かり、ぜひ、宿泊してください。

旅に出よう

第72回

～温泉はにっぽんの宝～

山崎まゆみ

群馬県中之条町といえば、四万温泉や沢渡温泉といった江戸時代から愛されてきた全国にも名を馳せる湯場があります。比べると、同じ中之条のたんげ温泉美郷館は創業25年と曰は浅い。

けれど、経営母体となるのが高山林業ゆえに、ぜひたく

に木材を使った館内は、まるで木の美術館のよう。玄関か



ら客室の天井に至るまで、木造建築の匠の技を眺める愉しみに加え、美郷館ならではの

感動は館内の空気のおいしさ。山峡の一軒宿というロケーションの外の空気よりも、館内の空気が清冽のような気がする。生木が浄化している

6カ所あり、お風呂を愉しむ使用できる量です。美郷館のご主人の高山弘武さんは、今年の1月からバイオマスボイラーを導入しました。それは、よく乾燥させた細かい木片(チップ)を燃やしてバイオマスボイラーから

このチップをオーストリア製KWBバイオマスボイラー2台で燃やします。インターネットを經由して遠隔監視や操作ができるため、高山さんは出張先でもスマホでボイラーを管理しているそうです。あまりにも便利で驚きました。スタートして2カ月が経ち

バイオマスボイラーを導入した たんげ温泉美郷館

5分縦10分の穴があり、そこに燃料となる木材チップが詰まっています。この穴には10トトラック1台分の木材チップが入ります。美郷館では約15日間

水分30%までに乾燥させた、2×3寸の正方形の軽いチップです。この穴には10トトラック1台分の木材チップが入ります。美郷館では約15日間

「これまで34、35度のぬる目の源泉温度を熱交換で人が入る適温にしています。バイオマスにしてから温泉水が冷めにくくなりまし

るコストは寒い冬季はとんとんですが、暖かくなってきた春は利益が出ています。宿の仲間たちは灯油代の負担で厳しい経営状況に置かれることが多いので、仲間たちにもメリットを話しているんですよ」。

また、この取り組みは、高山さんならではの言葉です。次世代のエネルギーを考える際に、この取り組みはこれから注目されます。高山さんは視察も受け入れています。その際には、美郷館の湯に浸かり、ぜひ、宿泊してください。(温泉エッセイ)

続けて、「初期投資は大変ですが、これまでの灯油や電気代を考えれば、運用にかか

るコストは寒い冬季はとんとんですが、暖かくなってきた春は利益が出ています。宿の仲間たちは灯油代の負担で厳しい経営状況に置かれることが多いので、仲間たちにもメリットを話しているんですよ」。

さらに「灯油を燃やすよりも木材を燃やす。その木材を得るために間引きをする。最終的には森を生き返らせる、そんな仕組みをつくりたい」と、50年後の森の未来まで語る高山さん。林業の家で生まれ育ち、木の力を知る高山さんならではの言葉です。次世代のエネルギーを考える際に、この取り組みはこれから注目されます。高山さんは視察も受け入れています。その際には、美郷館の湯に浸かり、ぜひ、宿泊してください。(温泉エッセイ)

※月2回掲載

誤解7. 「総合的なエネルギー効率が劣る」 (ボイラー効率、熱損失、電気消費量)

□ ボイラー効率

- 欧州製小型ボイラーの効率は90%以上。
- メンテナンスを適切に行えば、効率は維持。
- 化石燃料のボイラー効率は？

□ 熱損失

- 蓄熱タンクに熱を貯めるシステム。
- 日本の化石ボイラーはボイラー水の温度を一定に保つように運転。放熱口スはどっちが大きいのか。

□ 電気消費量

- ボイラー本体。
- ポンプ⇒重要なポンプの動かし方。

⇒システムの考え方そのものを左右。欧州と日本では根本的な差。

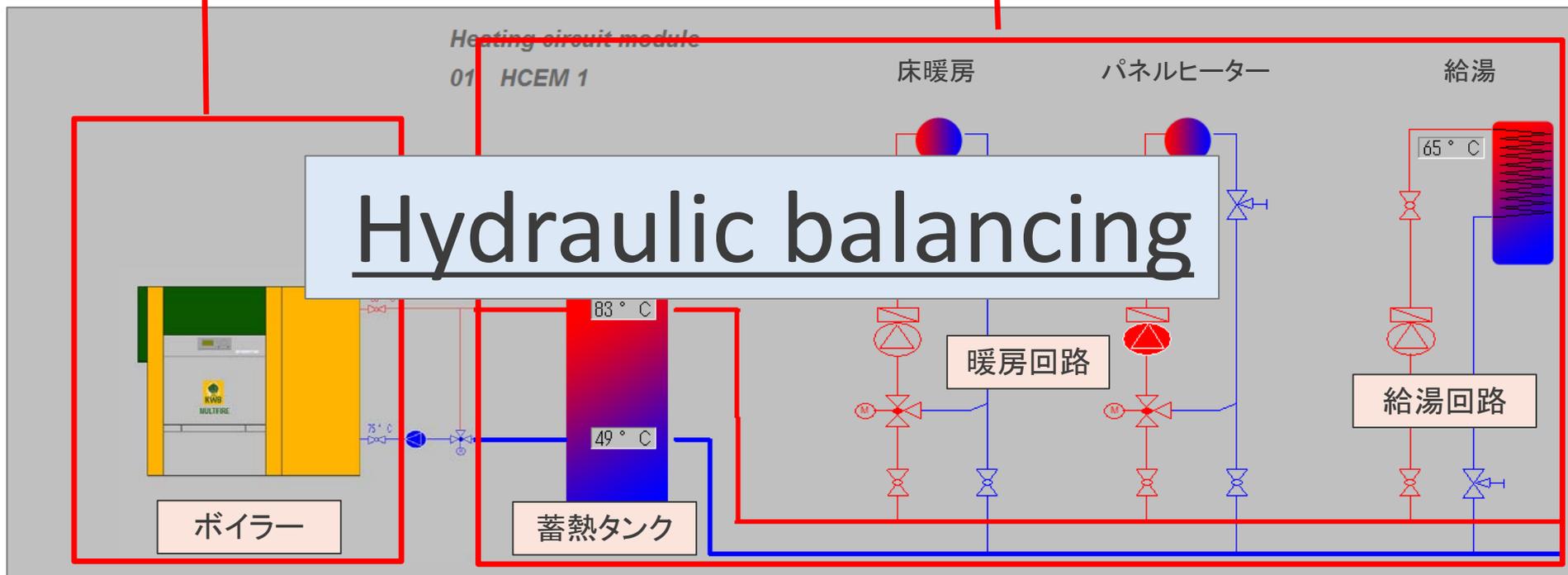
⇒ Hydraulic balancing

温水利用の出発点 Hydraulic balancing

- 20年以上にわたり利用。
- わずかの相違が、長期的には事業性を大きく左右。

- ✓ ボイラー効率 = 燃費
- ✓ ボイラーの熱損失 (放熱ロス)

- ✓ システムの熱損失
- ✓ 電力消費



温温度差の重要性balancing

熱量 = 温度差 × 流量

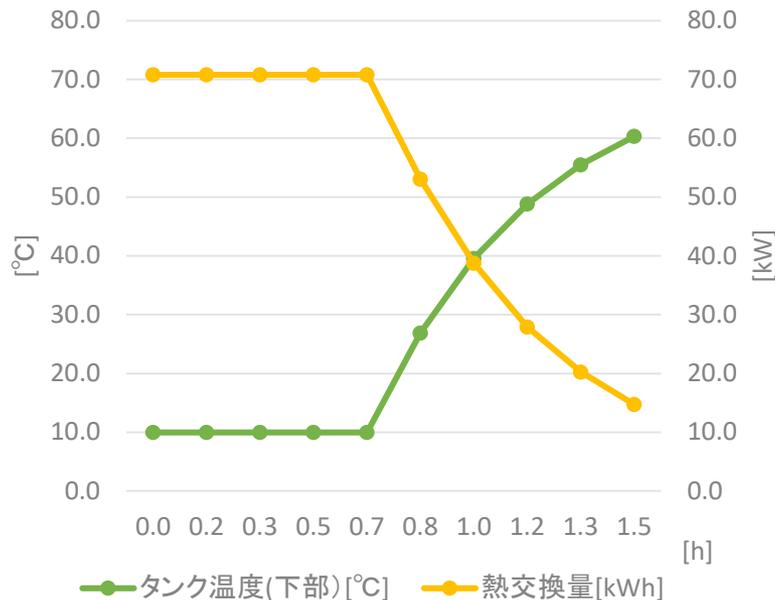
- ✓ 温度差を大きくするには、過大ポンプの回避 + 必要な時に必要な量を送るポンプの稼働が必要。
- ✓ 温度差を大きくすると流量を小さくできる ⇒ ポンプが小さくて済む + ポンプの電力消費量を抑制。

行きと戻りの温度差は15°C以上が望ましい。

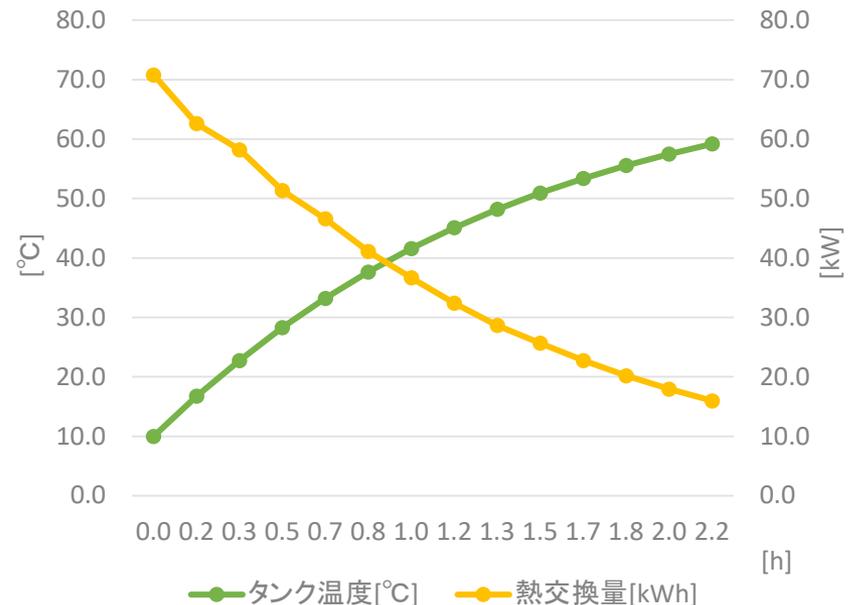
- ⇒ 蓄熱タンクや給湯タンクで、上下の温度差(層)ができやすくなる。
- ⇒ 温度差があると、タンク内温度を均一保てると同時に、効率的に熱交換ができる。

タンク温度の熱交換量

熱交換量が安定している例



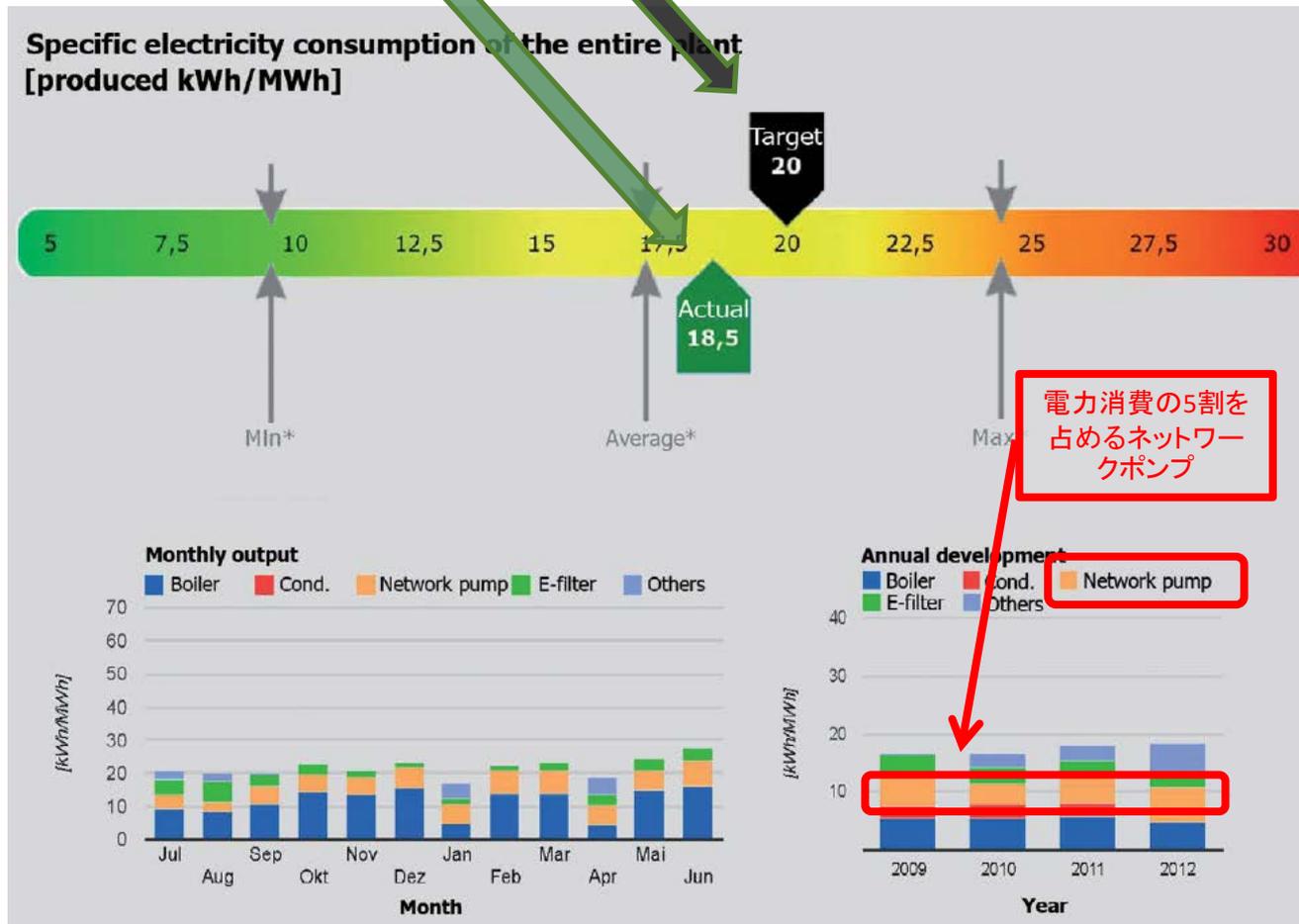
効率が悪い例



オーストリアの地域熱供給網の電力消費量

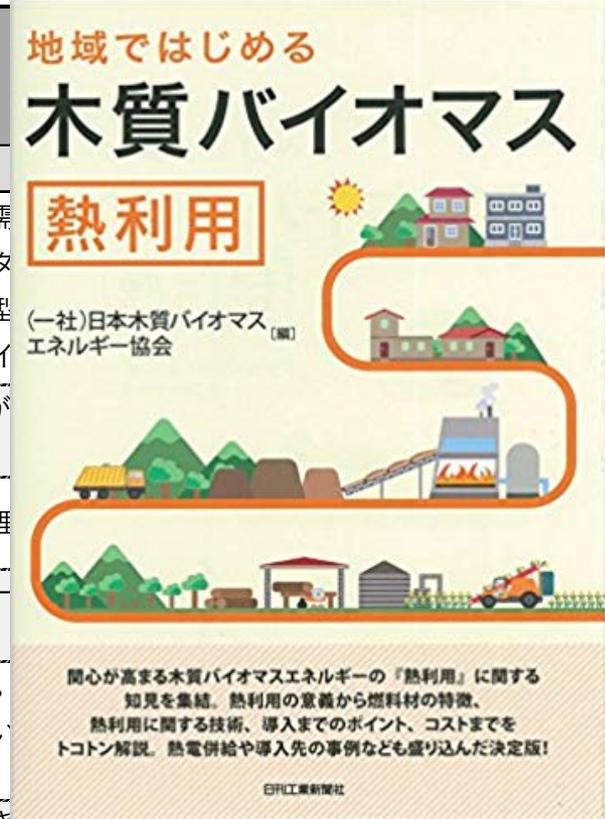
地域熱供給網における生産熱量MWh当たりの電気消費量データ(オーストリア)

- 目標値は20kWh/1MWh。
- 現在値は18.5kWh。



バイオマスボイラー チェックポイント 例

項目	確認内容	
1 ボイラー		
運転タイプ	自動オンオフ運転（断続運転）か、連続運転タイプか	ボイラー選定の出発点。熱需要の熱需要には、断続運転タイプか連続運転は、工場などの大型したい場合も、連続運転タイプ
ボイラー出力変動幅	xx%～100%/xxkW～xxkW	通常は30～100%の変動幅がある。
ボイラーの制御・運転方法	出力変動、オンオフ運転の制御方法	通常は蓄熱タンクの温度管理
着火方式	自動か否か。着火の方法	小型ボイラーでは、電気ヒュームも存在。
ボイラー効率	定格出力時、低負荷時%	小型ボイラーでは90%以上。因。カタログ値が実際とかいするなどが必要。
対応チップ水分	WB、xx%まで	高い水分のチップを燃焼できるとしても、冬季にはアーク溶融の恐れ。小型ボイラーであれば、水分管理されたチップを使うのが基本。
ボイラー台数	x x 台	複数台の組み合わせは通常2台まで。それ以上の台数は、場所やメンテナンス、使い勝手、電力消費量などを確認。合理的な範囲とすること。
カタログ	添付のこと	どこまで詳しく解説しているか。
2 灰		



原理原則にもとづくモデル事例の構築

⇒ 点から面への展開

BERI および WBエネルギー の試み

[採用情報](#)[お問い合わせ](#)[ホーム](#)[会社概要](#)[事業紹介](#)[実績](#)

Bioenergy Research & Investment Inc. (BERI)

地域による地域のための木質バイオマス利用を実現するコンサルティング会社です

ごあいさつ

バイオエネルギー・リサーチ&インベストメント (BERI) は、木質バイオマスエネルギー専門のコンサルティング・エンジニアリング会社です。木質バイオマスプラントや地域熱供給網の導入に関するコンセプトづくりから、設計・施工に至るまで、お客さまを総合的にサポートします。



トピックス

実績

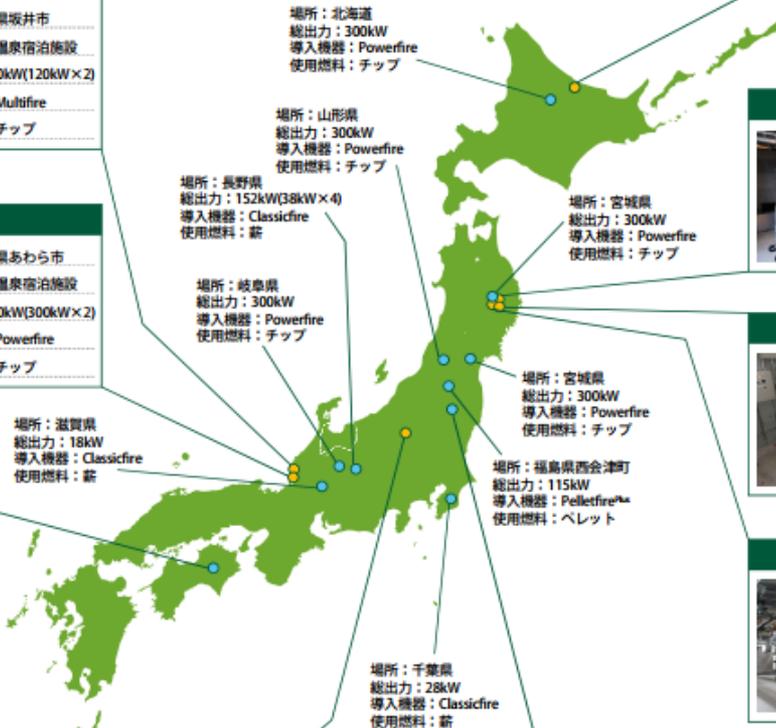
- ▶ コンサル・調査研究実績
- ▶ 書籍
- ▶ 研究レポート
- ▶ 寄稿
- ▶ 新聞
- ▶ テレビ・ラジオ出演
- ▶ 講演

欧州と同等の利便性に優れ、事業性の高いモデル事例を構築。その拡大再生産により点を面にしていく展開。



導入実績

- 稼働中
- 稼働・導入予定



山田邸

場所：北海道紋別市
施設種類：個人住宅
総出力：30kW
導入機器：Classicfire
使用燃料：薪

三国観光ホテル

場所：福井県坂井市
施設種類：温泉宿泊施設
総出力：240kW(120kW×2)
導入機器：Multifire
使用燃料：チップ

たかむろ水光園

場所：岩手県遠野市
施設種類：湯浴宿泊施設
総出力：240kW(120kW×2)
導入機器：Multifire
使用燃料：チップ

ホテル美松

場所：福井県あわら市
施設種類：温泉宿泊施設
総出力：600kW(300kW×2)
導入機器：Powerfire
使用燃料：チップ

デイサービスセンター風音

場所：岩手県遠野市
施設種類：介護施設
総出力：50kW
導入機器：Multifire
使用燃料：チップ

地域熱供給プロジェクト

場所：徳島県神山町
施設種類：集合住宅
総出力：130kW(65kW×2)
導入機器：PelletfireSM
使用燃料：ペレット

温水供給熱導管による熱供給

遠野市新庁舎

場所：岩手県遠野市
施設種類：市庁舎
総出力：600kW(300kW×2)
導入機器：Powerfire
使用燃料：チップ

美郷館

場所：群馬県中之条町
施設種類：温泉宿泊施設
総出力：240kW(120kW×2)
導入機器：Multifire
使用燃料：チップ

温水供給熱導管による熱供給

M 邸プロジェクト

場所：福島県
施設種類：個人住宅
総出力：35kW
導入機器：Easyfire
使用燃料：ペレット

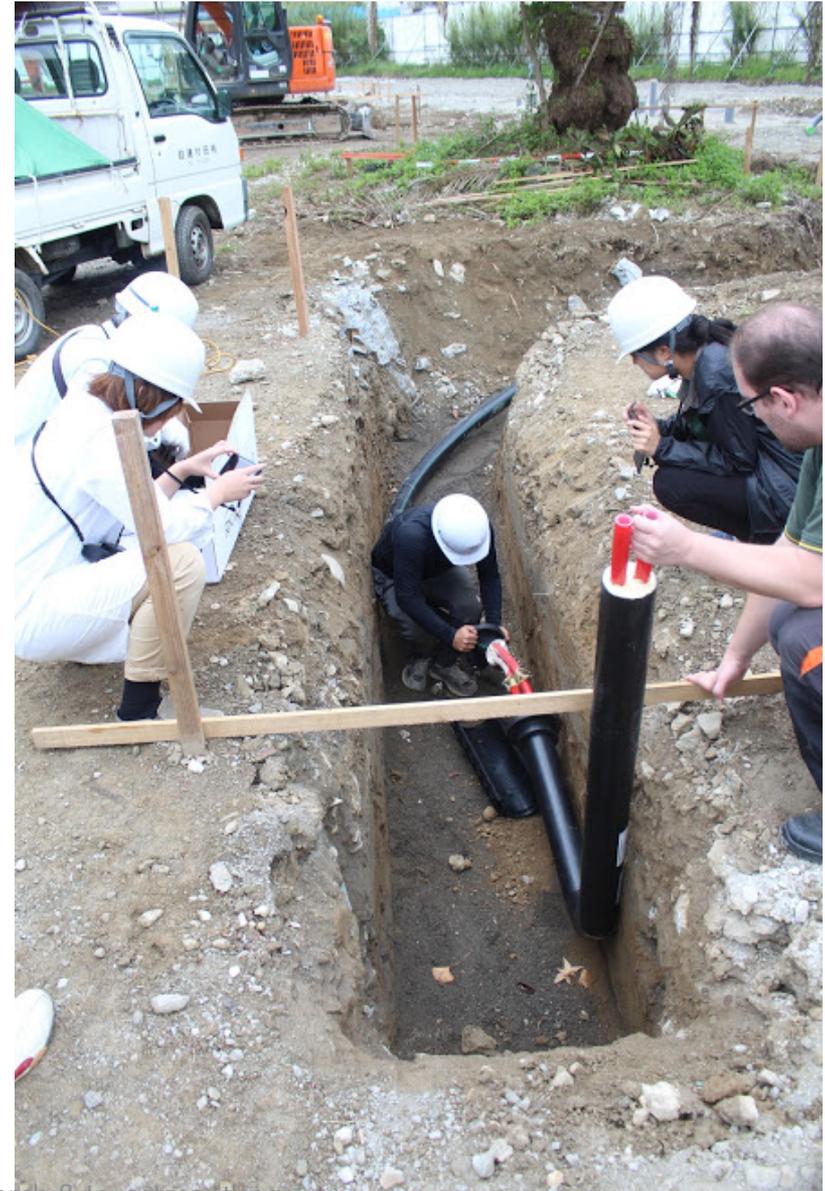
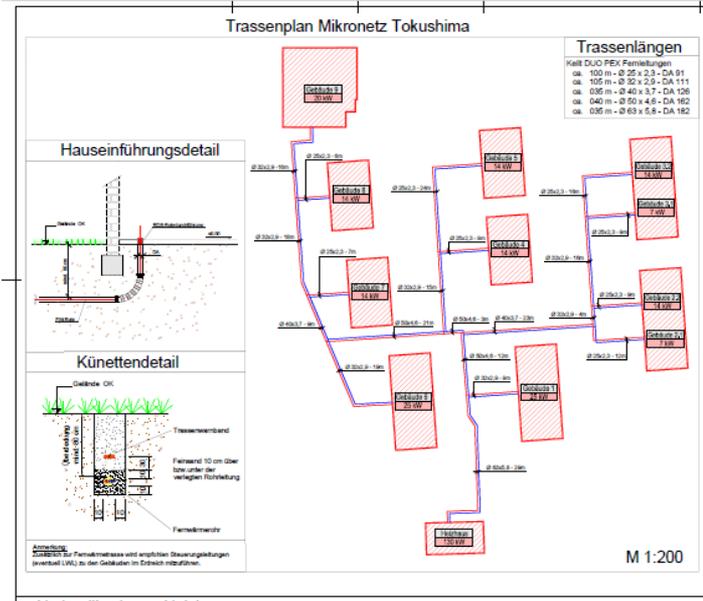


遠野市本庁舎

- 2017年9月稼働開始。
- 暖房・冷房すべての熱需要をバイオマスボイラーにて供給。



Hydraulic balancingの原則で設計した地域熱供給網 徳島県神山町



(参考資料)

遠野市におけるバイオマス事業の展開 「ごみを宝に」の実践

事業の趣旨 「ごみを宝に」

- 環境省・林野庁の補助事業「木質バイオマスエネルギーを利用したモデル地域づくり推進事業」(2014年11月～2016年3月)を契機に、本格的なバイオマス利用に着手。
- 副産物(工場残材+林地残材)利用の徹底による残材の有効利用。
- 木質資源の付加価値向上による森林・林業の活性化。
- この事業を利用して以下を整備。
 - チップヤード 2015年12月
 - 移動式チップパー・トラクターの導入 2015年12月
 - バイオマスボイラー240kWの導入 2015年8月
- 事業の担い手として「遠野バイオエナジー株式会社」を設立。
 - 民間企業としてチップ供給・バイオマス関連事業を推進。
 - 補助金はイニシャルコスト中心、事業の自立化を目指す。
- 市内のチップ需要の拡大。
 - バイオマス本来の利用である「ごみを宝に」の全国初の事例。

チップヤードとチッパーとトラクター

- ❑ チッパーはオーストリアMUSMAX。
- ❑ チップヤードは、南向きで風通しの良い構造。
- ❑ 燃料チップ製造のノウハウの蓄積。



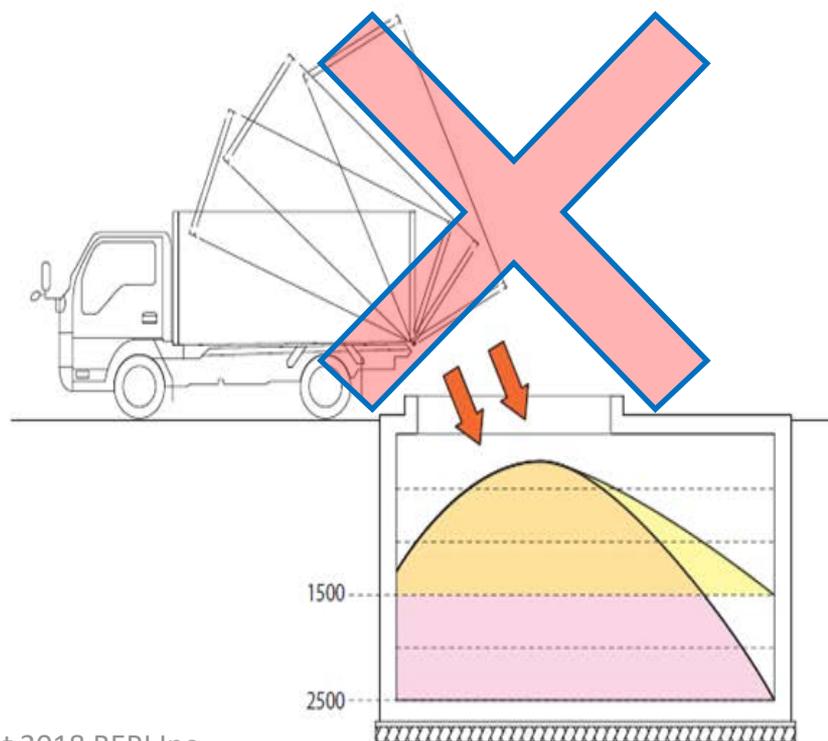
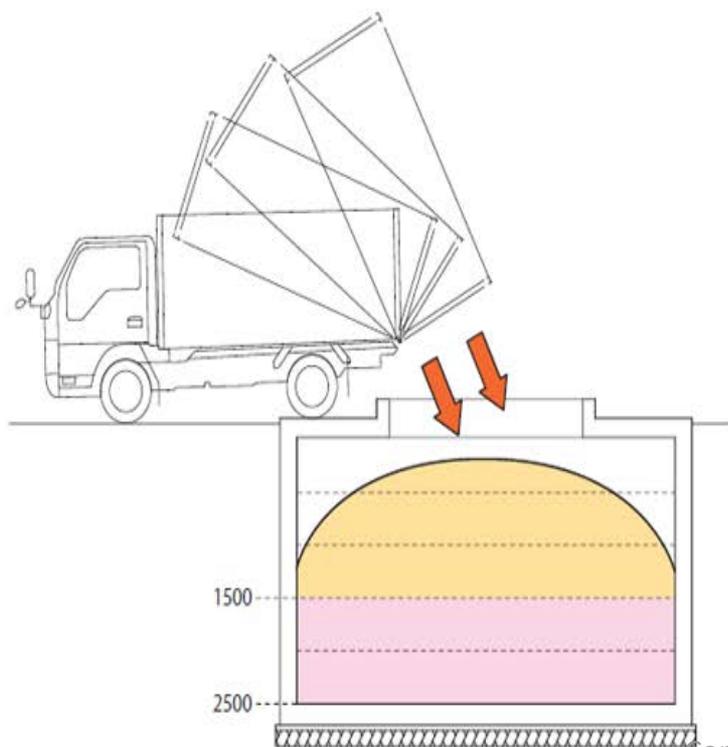
水光園に導入したバイオマスボイラー

- 市の温浴宿泊施設「たかむろ水光園」。
- 年間11万リットルの重油を消費。暖房＋給湯・加温。
- 熱負荷分析から240kWを選択。
- オーストリアKWB社製
Multifire120kWx2 3000ℓx2の蓄熱タンクの組み合わせ。
- 欧州のエンジニアリングを導入。バイオマスのノウハウ・技術の獲得。



留意点 サイロ設計

- サイロの容量は、最低でも、ピーク時7日分が目安。
- サイロの実質容積(充填率)を考慮。
 - ✓ 水光園の場合、ピーク時消費量 $6\text{m}^3/\text{日}$ (水分30%)、 $42\text{m}^3/\text{週}$ 。
 - ✓ サイロの大きさ $5\text{m}\times 5\text{m}\times 3\text{m}=90\text{m}^3$ 。実質 50m^3 。充填率55%。
- サイロの容積を可能な限り活かせるような燃料投入口とする。
- 一定の大きさ(4トン以上)のダンプでの搬入が可能なアクセスを確保。



波及効果 1 民間福祉施設

- 遠野市の新設のデイサービス「風音」、民間施設。2016年9月稼働。
 - 50kW+3000ℓの蓄熱タンク。1500ℓの給湯タンク(熱交換器内蔵)。
 - 暖房・給湯すべてバイオマスボイラーから。
 - 暖房・給湯回路、コントローラーを一体として導入。
 - 補助金を使わない単独事業。
- 計算上は30kW。隣接してレストラン、工房を新設する予定のあることから、そこへの熱供給も視野に50kWを導入。

デイサービス施設 50kW+3,000ℓバッファータンク、サイロ直径3m 外観

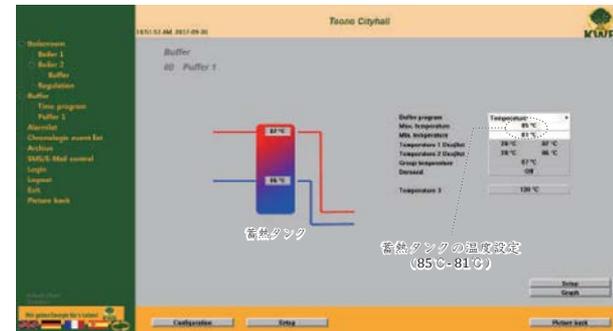
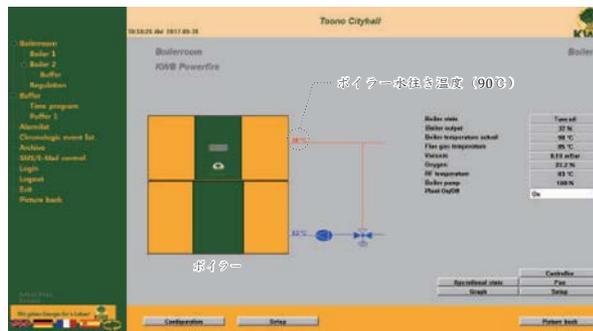


波及効果 2 遠野市本庁舎



バイオマスボイラーによる熱供給

- 岩手県遠野市の本庁舎新築に伴い、KWB チップボイラーを導入。Powerfire300kW×2台 + 蓄熱タンク 3000ℓ×4台の組み合わせ。
- 暖房及び、冷房に使用。吸収式冷凍機に安定して高温水を供給。
- 遠隔監視・制御システムを用い、インターネットを経由してPC やスマホから、リアルタイムで稼働状況を把握。過去のデータも分析可能。



チップサイロと使用燃料

- サイロは、トラックから直接投入しやすい構造。冬季でも 2 週間分の容量を確保し、災害などにも対応できるように設計している。
- 燃料として使用しているチップの原料は、工場残材や林地残材。対応水分は 45% まで。バークや粉も一定範囲内での混入なら問題なく燃料として利用可能。
(ただし、水分が高いとエネルギー効率が低下します。また、バークや粉が多いと、灰の比率も高くなります。)



波及効果3 チップ需要の拡大

2016年度に、BERI・富士通総研が市内施設を対象に可能性調査。それにもとづき、2018年度から段階的に導入していく予定。

□ 2015年度以前	市内小中学校、森林総合センター	600m ³
□ 2016年度	水光園1,400m ³ + 市内小中学校・木工団地600m ³	2,000m ³
□ 2017年度	市庁舎(冷房需要もあり)	3,000m ³
□ 2019年度	市内庁舎支所に導入予定	4,000m ³
□ 2019年度	市庁舎ボイラーからとびあ庁舎への熱供給ほか	6,000m ³
□ 2020年度～	市中心部の市民センター・プール、ホテル	10,000m ³