



久慈発！

岩手県久慈市における木質バイオマス熱の面的利用 事業の課題と展望

2020年 1月 21日

**久慈バイオマスエネルギー株式会社
代表取締役 日當 和孝**

目次

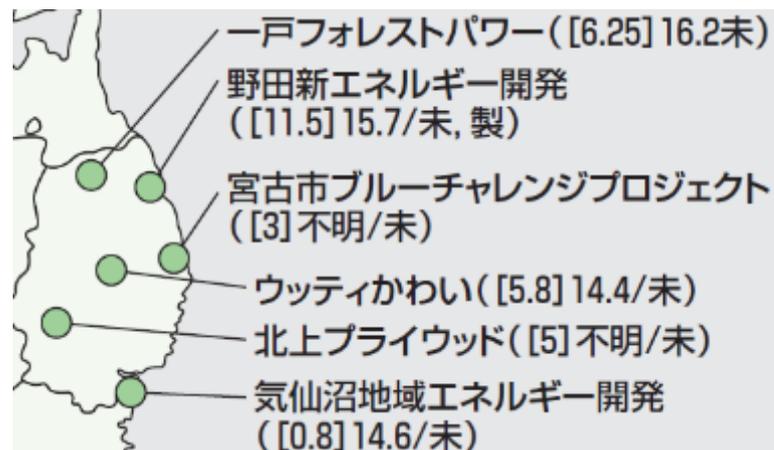
1. 岩手県における木質バイオマス発電を取り巻く状況
2. 熱利用のメリットについて
3. 熱利用普及の課題と解決策
4. 岩手県久慈市における熱利用の取り組みについて
 - ①経緯
 - ②全体像
 - ③特徴（事業性向上のために）
 - ④しいたけ栽培について
 - ⑤農業生産の I T 化との組み合わせ
5. 熱の面的利用への展開

1. 岩手県における木質バイオマス発電を取り巻く状況

- ①木質バイオマスプラントが乱立し、木質原料確保が容易でない
- ②送電系統が逼迫しており、FIT認定が得られにくい
- ③事業性成立のための設備規模が大きい

岩手県内でのFIT発電

- ・近い距離の範囲で、大規模なFIT発電の取組みがなされている。
- ・原料の確保が容易ではない。
(⇒岩手県木質バイオマス円卓会議)



農林金融2014・6より

設備所在地	設備名称	稼働予定日	事業者名	業態	原料	発電出力(kW)	事業費(億円)	木質バイオマス計画処理量(注2)(ト/年)	その他補足事項
岩手県宮古市	ウツィかわい	16年4月	(株)ウツィかわい	製材加工等	未利用材, 一般材(製材廃材等)	5,800	28	9万(水分率50%)	
岩手県宮古市	BLUEター	14年秋	宮古市ブルーチャレンジプロジェクト協議会	官民連携プロジェクト	未利用材, 一般材, 汚泥	3,000	20	2.4万(絶乾)	ガス化発電(熱, 電気, 水素の3I補給-を供給)
岩手県九戸郡	株式会社野田バイオパワーJP	15年7月	野田新エネルギー開発(株)	電気未利用材	一般材(剪定枝, バック, PKS), 家畜糞	11,500	65	14万 未利用材7万ト, バック(丸太外皮)1万ト, 剪定枝2万ト, 海外PKS4万ト	チップ工場併設, 燃料保管施設
岩手県北上市	北上プライウッド		岩手県木質バイオマス(株)	製材加工等	未利用材, 一般材	5,000	75	(6~8万(湿))	合板工場建設費含む事業費
岩手県一戸町	一戸フォレストパワー	16年2月 運開予定	エリクス・ブリュー		未利用材, 製材端材	6,250	28	(7~10万(湿))	
岩手県花巻市	花巻バイオマス	17年度中	株式会社花巻バイオマスエナジー	木質バイオマス発電事業	間伐材, 松くい虫被害木, 流木	6,250	20~30	(7~10万(湿))	タケイ参画
宮城県気仙沼市	バイオマスパワープラント	14年3月	気仙沼地域エネルギー開発(株)	電熱供給	未利用材	800	20	8,000	ガス化発電, 温泉施設, 熱利用

() は試算値であり公表値ではありません。

東北北部における系統状況変化について

【系統状況について】

当社管内では、これまでの電源の系統連系の申込みにより、現状設備の系統の空容量がないため連系希望の電源を受入れることができない系統制約エリア(図1着色部分)が複数点在しておりました。

今回の情報公表では、更なる系統連系の申込みにより、北部と南部を接続する基幹送電線の一つに熱容量超過が予想されることとなり、系統制約エリアの範囲が、北部3県全域と宮城県一部にまで拡大しております(図2参照)。

当社基幹系統は、北部と南部に大別されていますが、今般、系統制約エリアとなった北部(青森・岩手・秋田県全域と宮城県沿岸北部)の送電設備は、環状系統を構成し、南部に向けて複数の基幹送電線に分流して送電しています(図3参照)。

このため、北部と南部を接続する基幹送電線に熱容量超過が予想されることの影響が環状系統全体に及び、ひいては北部全体が系統制約エリアとなったものです。

【系統連系に必要な対応】

系統制約エリア(図2着色部分)においても、追加的に系統増強工事を行い、その費用をご負担頂くことで、系統連系が可能となります。また、具体的な系統増強内容を含め、系統連系に必要な事項は、系統アクセス検討をお申込み頂くことで、検討を行い回答いたします。

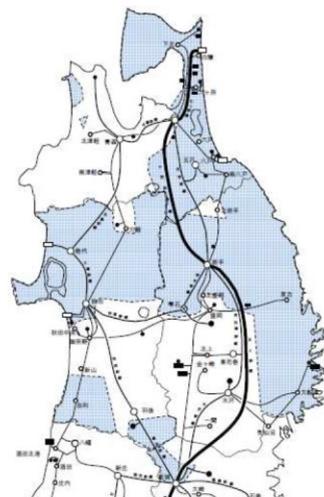


図1 平成28年4月28日付公表

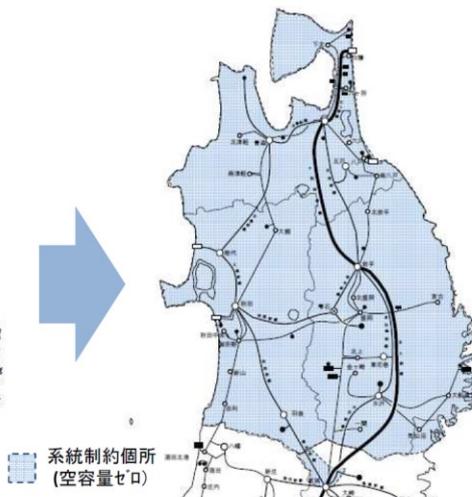


図2 平成28年5月31日付公表

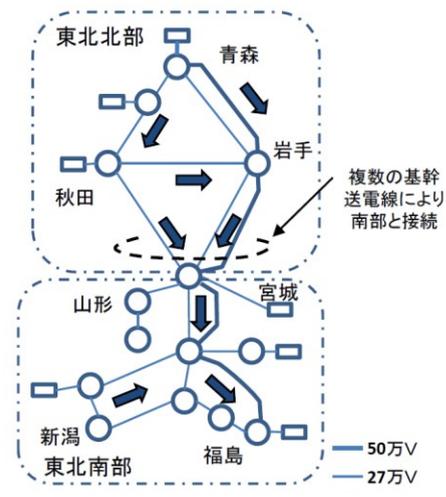


図3 系統概略図

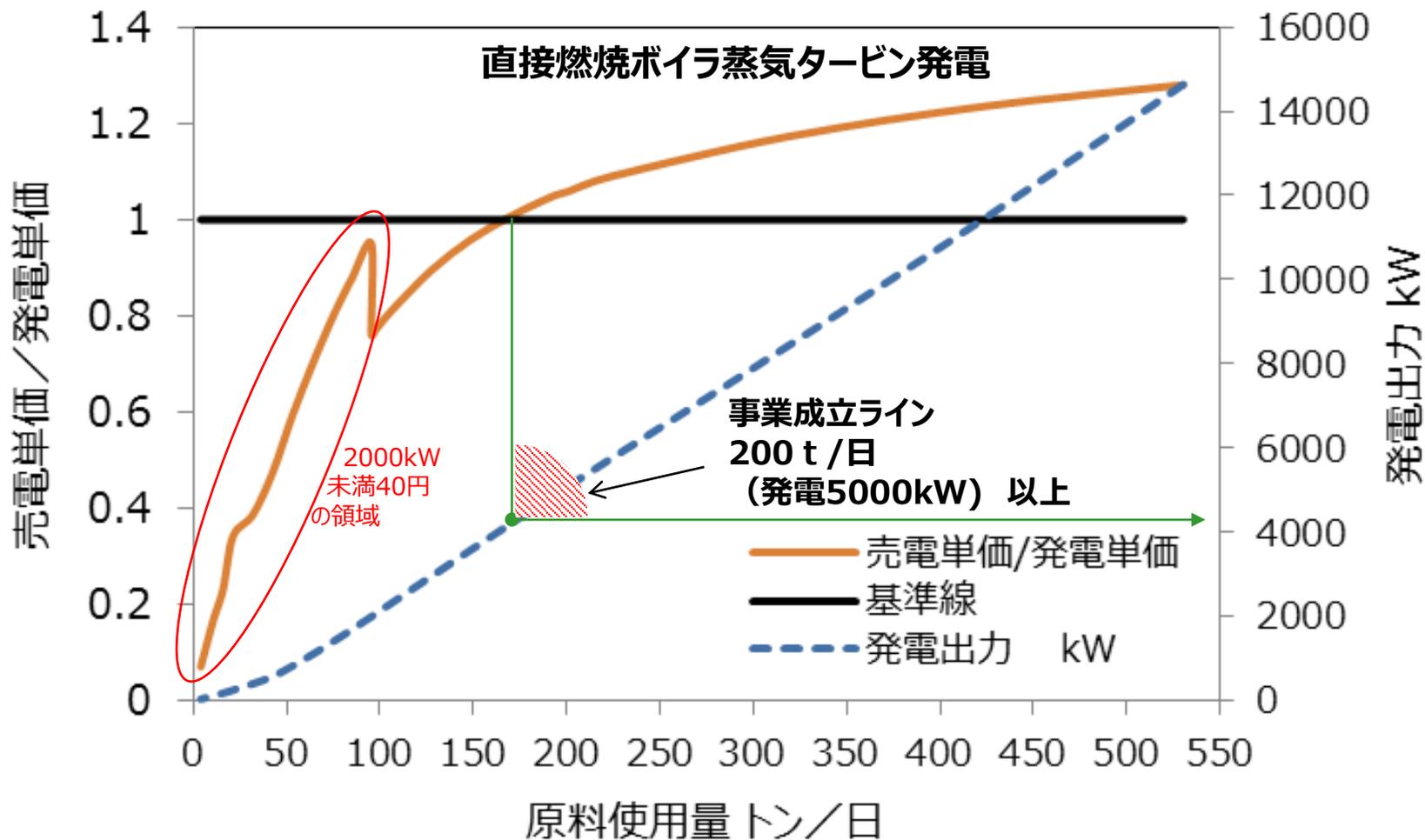


Tohoku Electric Power

本資料の目的外の使用を禁止します。

事業成立には発電出力5000kW以上の規模が必要

間伐材等由来の木質バイオマスの場合



森林総研バイオマス発電シミュレーションツール デフォルト値を使用

2. 熱利用のメリットについて

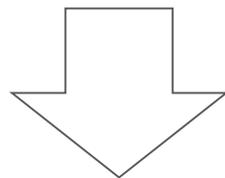
- ① エネルギーには質があり、質に合わせて適切に使うべきである。
- ② エネルギー需要の大半は熱としての利用である。
- ③ 事業性成立のための設備規模が小さい

熱エネルギーの量と質があり、温度が高いほど価値が高い

電気は質の高いエネルギー。
100%仕事に変換できる。
(エクセルギーが高い)

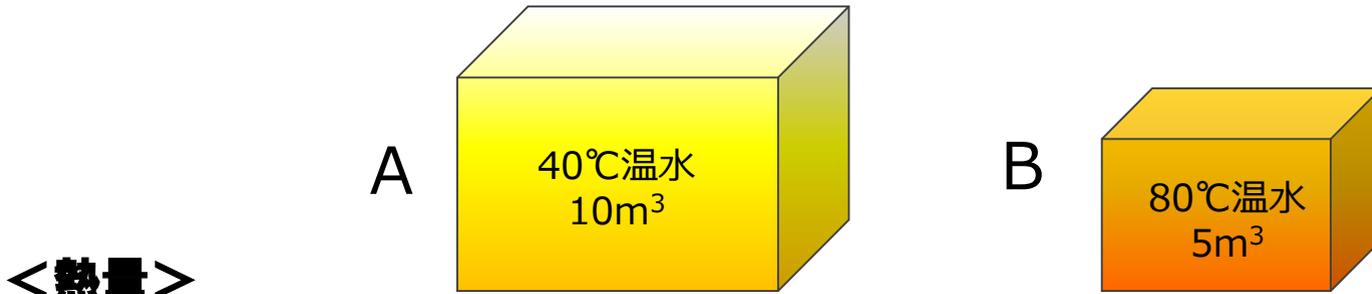
ホントに電気じゃなきゃ
ダメなものって？

熱は温度によって質に違いがある。
系の温度が高いほど、エネルギーの質が高い。



より多く**仕事に変換**できる

(参考) エネルギーの量と質の比較例



<熱量>

AとBの温水は、どちらも等しく1,676MJ の熱量を保有。
(基準温度を0°Cとする)

【熱量の比較】 $H_A = 1,676 \text{ MJ}$ $H_B = 1,676 \text{ MJ}$

$$H = Cp(T_2 - T_0)$$

<熱の質>

しかし仕事に変換できる能力 (エクセルギー) はBの方が約1.7倍高い。

【熱の質比較】 $E_A = 214 \text{ MJ}$ $E_B = 380 \text{ MJ}$ (Aの1.7倍)

$$E = Q(1 - T_0/T_2) = Q - T_0 \cdot Q/T_2 = \Delta H - T_0 \Delta S$$

E : エクセルギー(J)

Q : エネルギーのエンタルピー(J)

T_0 : 環境温度(K)

T_2 : エネルギーの温度(K)

H : エンタルピー(J)

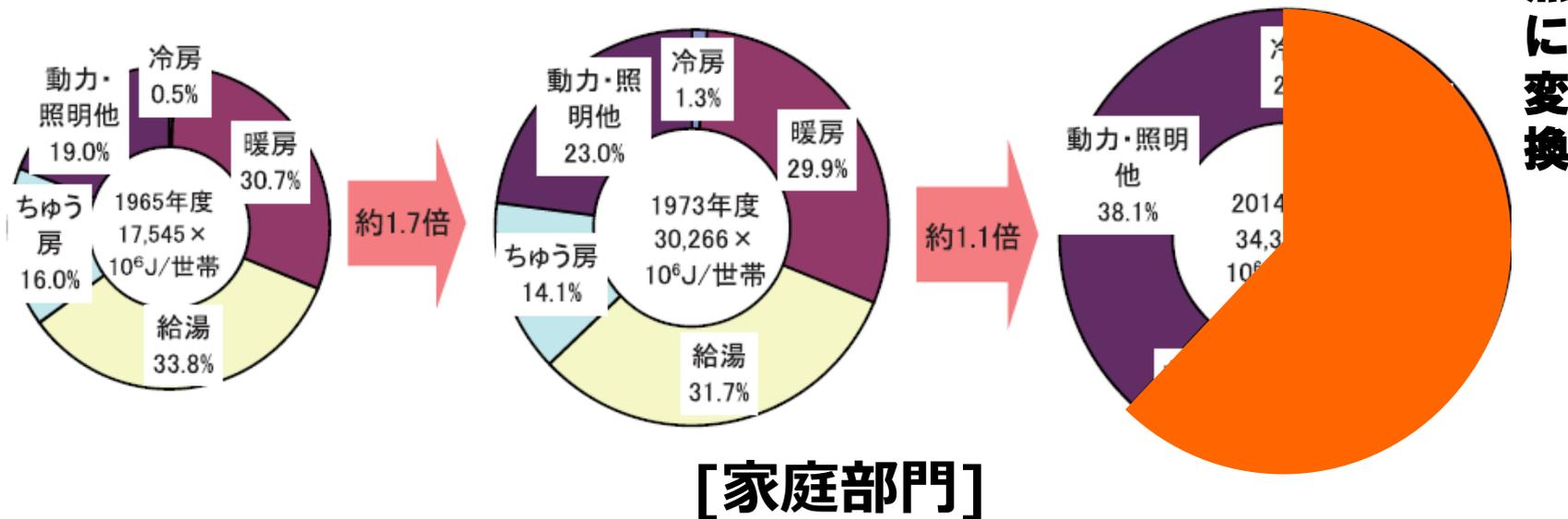
S : エントロピー(J/K)

C_p : 比熱

エネルギー供給のしかたを見直す動き

熱の需要：熱で賄えるものは熱で。（高級な電気ではなく）

世帯当たりのエネルギー消費原単位と用途別エネルギー消費の推移

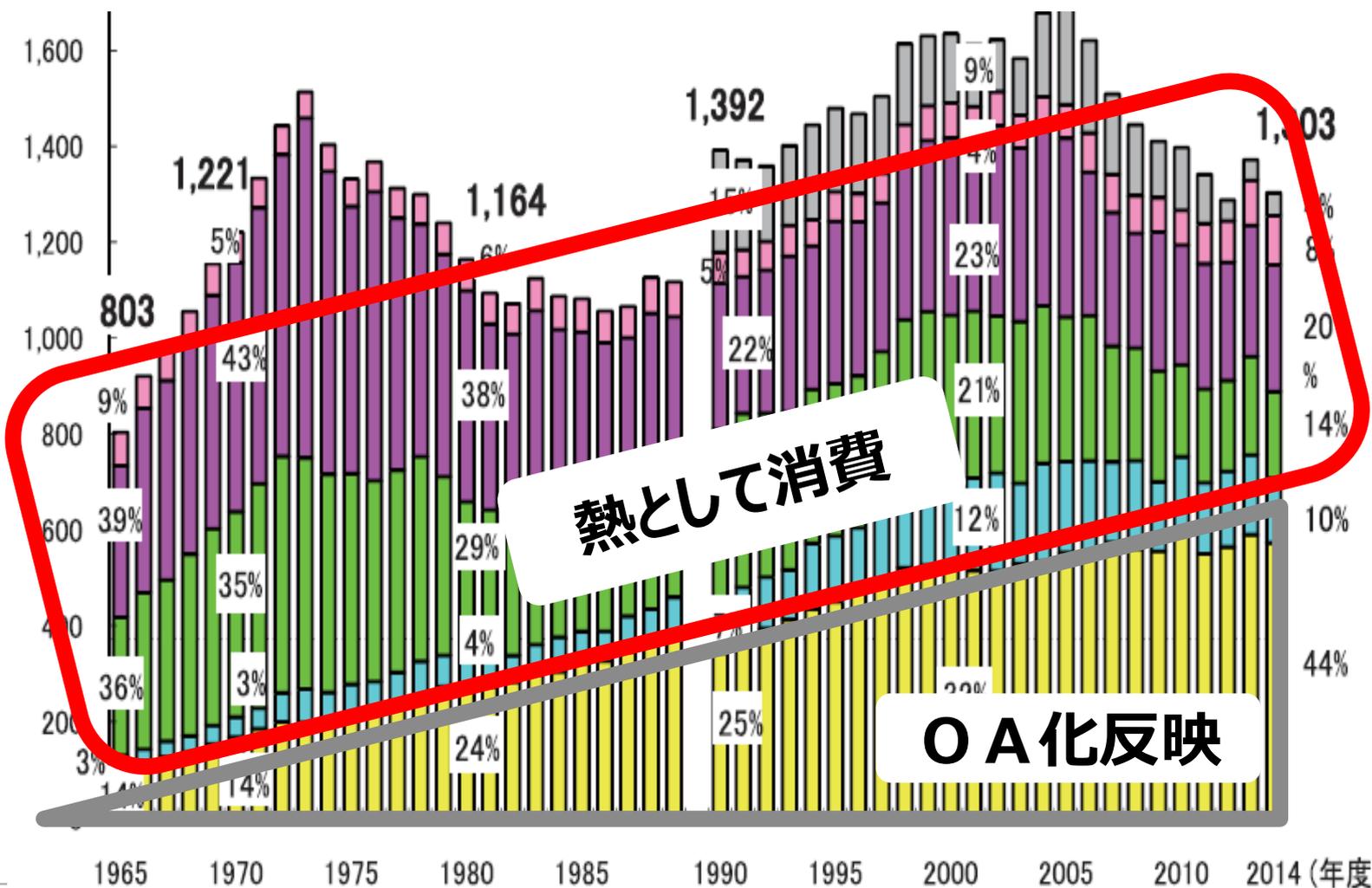


高級なエネルギーである電気で、数10℃のお湯を作るのはもったいない。

そこは地域にある熱源(太陽、木質バイオマス等)でも作れる。

国内のエネルギー事情 [業務部門]

■ 動力・照明用
 ■ 冷房用
 ■ 給湯用
 ■ 暖房用
 ■ ちゅう房用
 ■ その他用・統計誤差

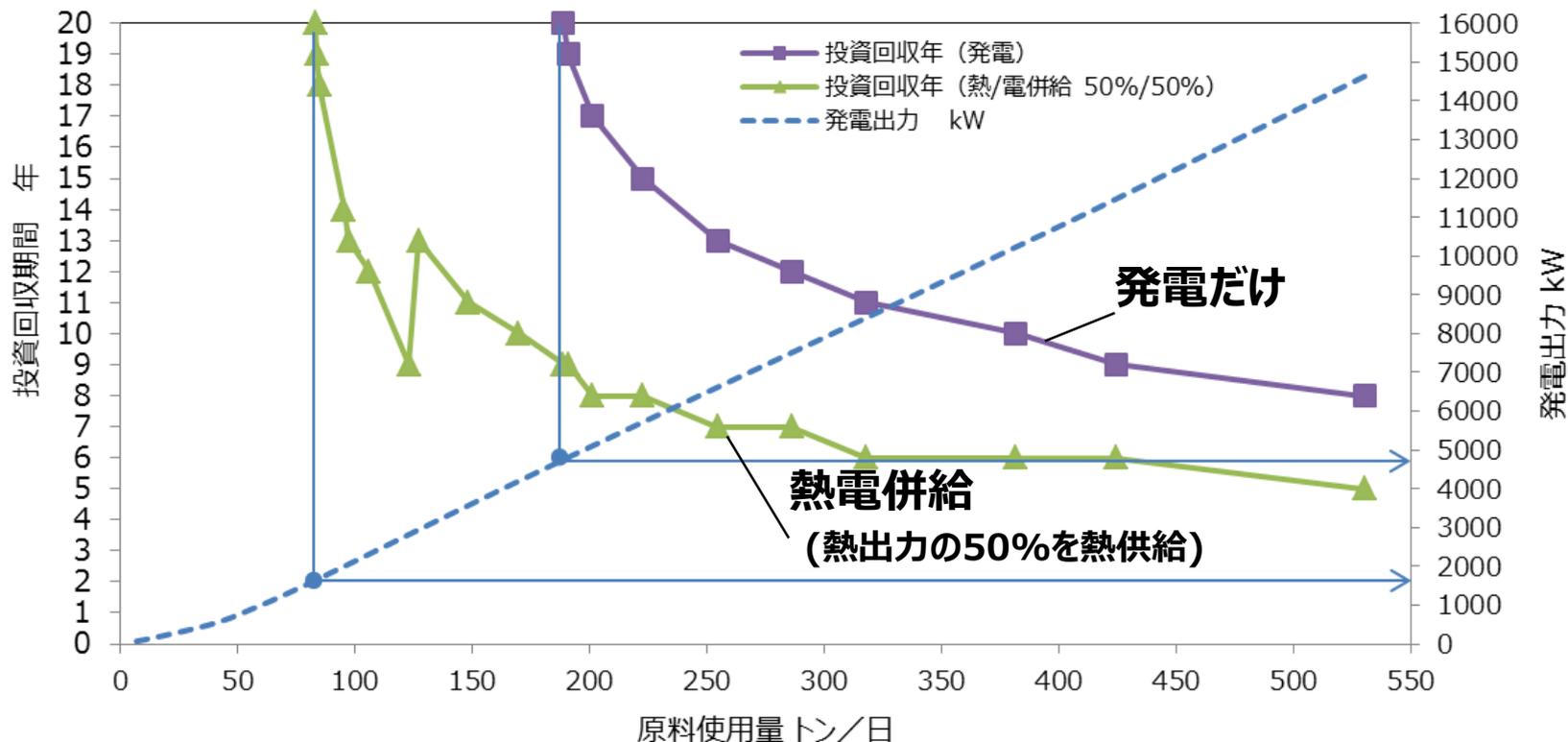


熱として消費

OA化反映

小さい木質原料量で事業が成立する

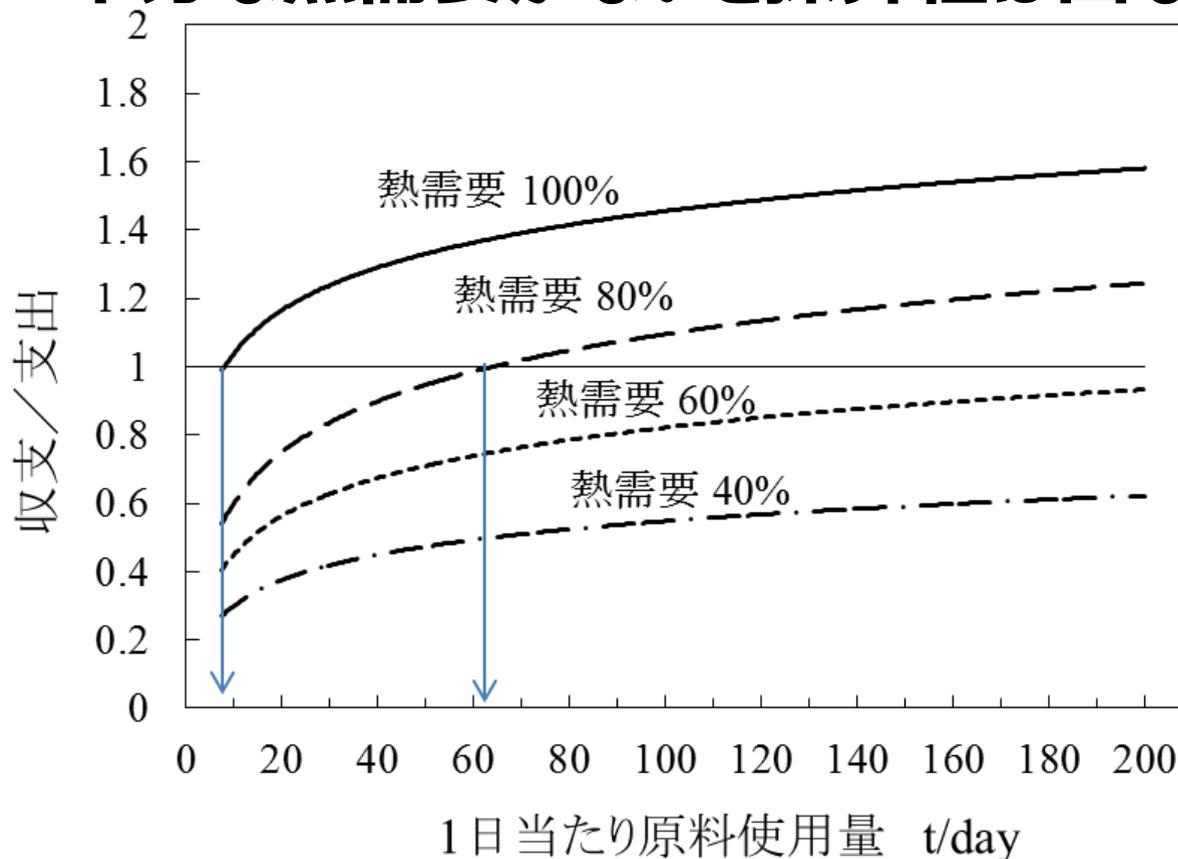
発電と熱電併給の比較



北海道林産試／森林総研バイオマス発電シミュレーションツール デフォルト値を使用

熱利用の事業採算性について

十分な熱需要がないと採算性は出ない



試算根拠：

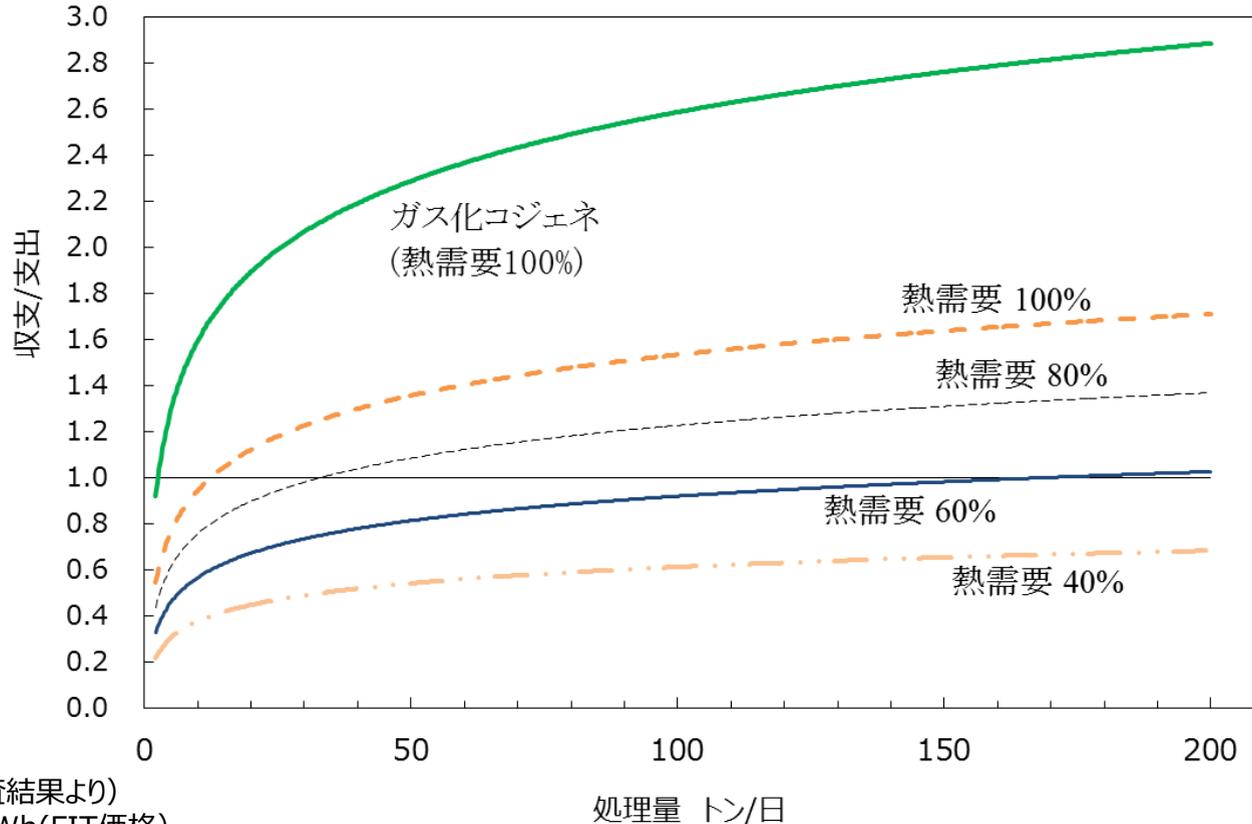
原料費9円/kg（調査結果より）

売電価格33.2円/kWh(FIT価格)

その他ユーティリティ、労務費、メンテナンス費、灰処理費等、建設費は、NEDOバイオマスエネルギー導入ガイドブックの試算内容に基づく。（建設費についてはNEDO90t/日ベースに2/3乗則にて）

熱利用の事業採算性について

熱需要が小さいと厳しい、熱電併給は良い



試算根拠：
原料費9円/kg (調査結果より)
売電価格33.2円/kWh(FIT価格)
その他ユーティリティ、労務費、メンテナンス費、灰処理費等、建設費は、NEDOバイオマスエネルギー導入ガイドブックの試算内容に基づく。(建設費についてはNEDO90t/日ベースに2/3乗則にて)
ガス化は、100万円/kW(V社)を基点とし、建設費と処理量2/3乗比例で算出
売電価格40円/kWh(税抜、FIT価格)

3. 熱利用普及の課題と解決策

熱供給距離の制約（空間的な制約）

⇒放熱がある（おおよそ、蒸気で2 km、温水で500m）

⇒道路を跨げない（法規上の規制）



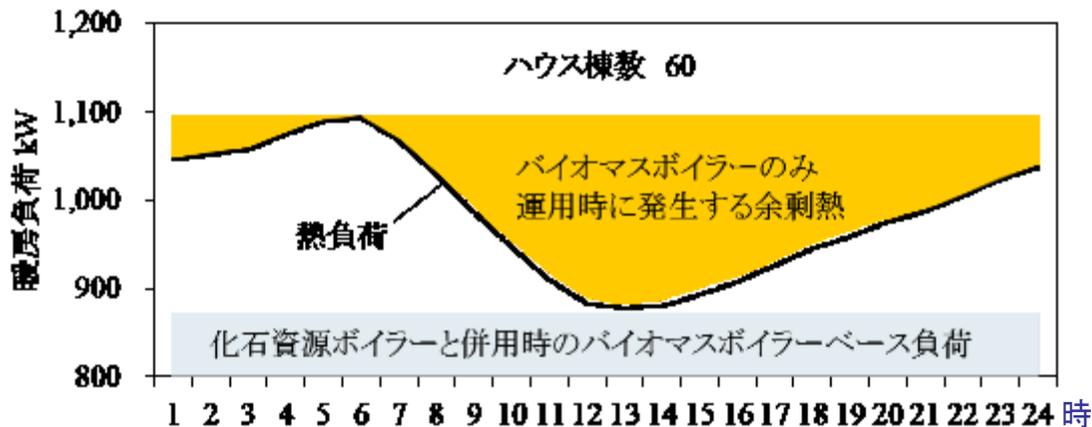
熱需要の変動（熱が余るor不足する）



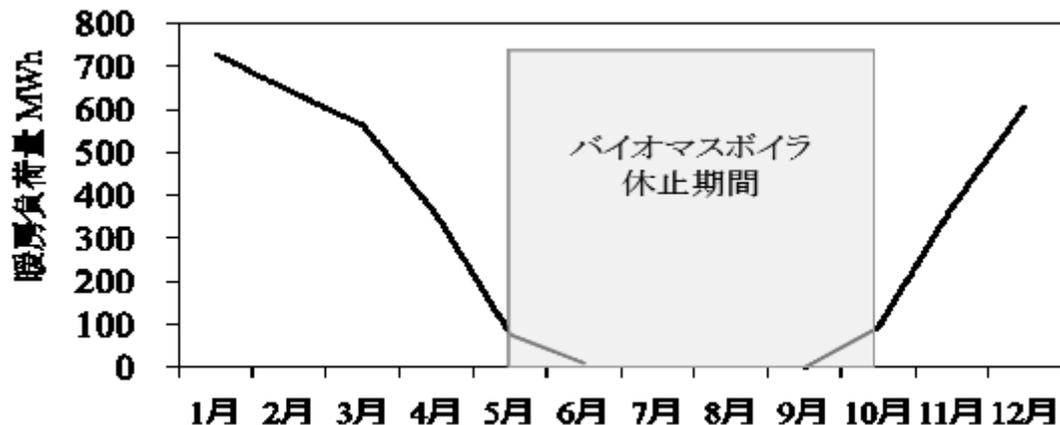
- ・事業性の悪化
- ・普及の頭打ち

熱需要の変動例 (しいたけのハウス栽培の暖房)

熱需要が少ない時には余剰熱が発生する。



冬期のハウス60棟分の熱需要の1日の推移



年間の熱需要(暖房)の推移



蓄熱、搬送が課題解決の鍵

現状の蓄熱方式は一長一短あり、またコストも高く実用性は不十分。

各種蓄熱方式の比較

蓄熱形式	理論蓄熱密度 kJ/kg	温度帯 °C	実用蓄熱密度 kJ/L
水(顕熱) $\Delta T = 50^{\circ}\text{C}$ 時	209	40 ~ 80	209
水(融解潜熱)	333	0	153(充填率50%)
パラフィン(融解潜熱)	200~250	20 ~ 70	130~163(充填率50%)
糖・アルコール(融解潜熱)	300	80 ~ 190	210(充填率50%)
無水塩水和物(融解潜熱)	200 ~ 350	30 ~ 40	130~230(充填率50%)
水(吸着式=蒸発潜熱)	2440	80	380~540(充填率50%)
化学蓄熱	850 ~ 2900	220 ~ 830	700~1500

顕熱蓄熱

⇒蓄熱密度が小さい

融解潜熱蓄熱

⇒熱の出入繰り返し性能が悪い、実用実熱密度が小さい

蒸発潜熱蓄熱

⇒理論蓄熱密度が大きい
が、吸着材の制約により
実用蓄熱密度が小さい

化学蓄熱

⇒蓄熱密度が大きい
が、入力に高い温度が必要。

↑
着目点

チップ乾燥による蓄熱（補足）

排熱で、湿潤チップを乾燥

⇒発熱量増大・燃料価値向上させて蓄熱する。



湿チップ 1 kg

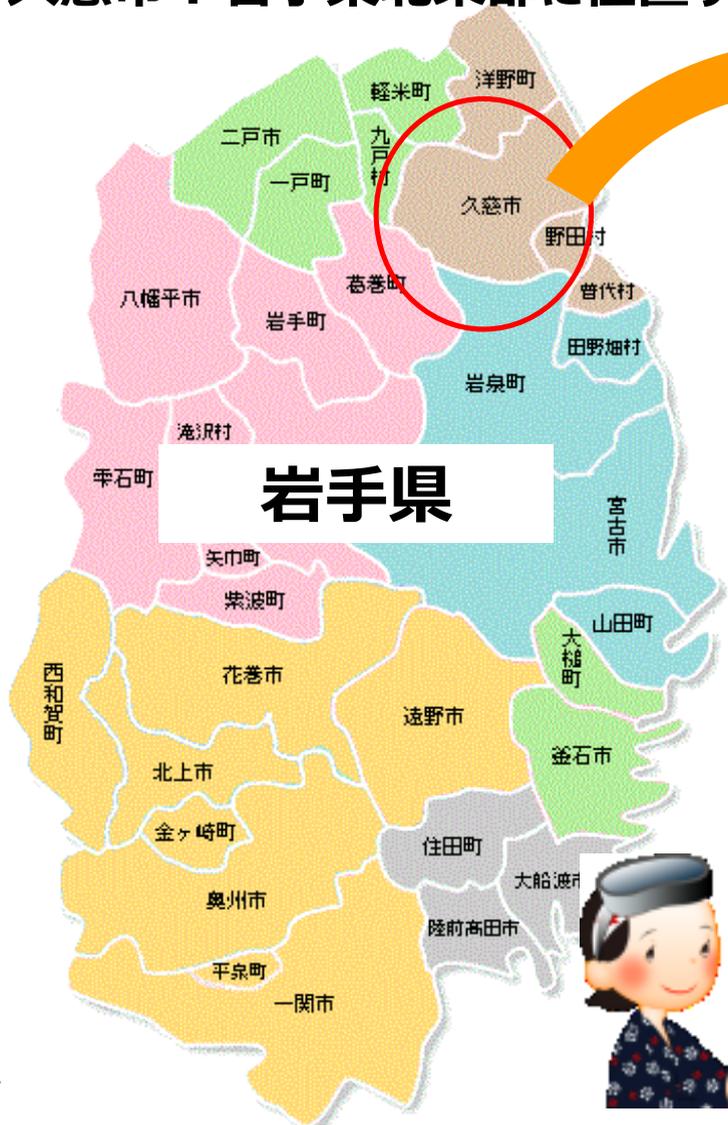
湿チップ 含水率 湿基準%	⇒	乾チップ 含水率 湿基準%	(乾燥前) 発熱量密度 kJ/湿チップkg	(乾燥後) 発熱量密度 kJ/湿チップkg	蓄熱量 kJ/湿チップ
65	→	15	5,025	15,775	1,435
60	→	15	6,100	15,775	1,292
55	→	15	7,175	15,775	1,148
50	→	15	8,250	15,775	1,005
45	→	15	9,325	15,775	861

倍に！

4.久慈市における熱利用の 取り組みについて

～岩手県久慈（くじ）市～

久慈市：岩手県北東部に位置する面積62,314ha、人口約37,000人の市。



あまちゃん(NHK連続テレビ小説)の舞台



経緯

きっかけは震災前。実質的には詳細検討1年、工事1年半で完成。

2009

木質利用セミナーで東芝の発表を聴講

2010

久慈市のアカマツで何か出来ないか？

2011

東日本大震災発生

2012

木質バイオマスの地域利用 調査事業

2013

調査事業終了後も、詳細検討・試算を継続

2014

▲久慈バイオマスエネルギー（株）設立

▲経産省補助事業に採択される（※）

2015

ボイラ製作

プラント建設

▲3月竣工

2016

稼働

2017

きっかけ

調査・絞込み・検討

事業化へ

事業開始

震災を経て・・・（市職員の言葉）

漁船の95%が
津波で壊れ・流された。

でも、振り返ったら
山はそのまま
残っていた！
(市の面積の86%が山林)



電気が止まった
灯油が無くなった

暗くて
寒くて
寂しくなった

**自立した
エネルギーシステムが
ほしい**



東北沿岸にある
主要出荷先の
大半が被災。
受け入れ不能に。

木材の
行先を
失う

**地元での利用先の
確保が必要**

地域の関係者と調査事業を実施

市

県

大学

地元
業者

コンサル

東芝

森林
組合

製材
業者

熱
利用者

◆検討委員会委員

久慈市	農林水産部			
県北広域振興局	林務部 林業振興課			
	林業普及課			
	保健福祉環境部	主査	佐藤 徳行	
岩手県林業技術センター		専門研究員	東野 正	
NPO自然エネルギー・コンサル協会		理事	福島 尚	岩手県木質バイオマス推進センター ディネーター
オヤマダエンジニアリング	環境システム部	部長	川村 浩	
久慈地方森林組合		所長	沢口 敬志	

◆アドバイザー

岩手大学	農学部	教授	岡田 秀二	林野庁 林政審議官
------	-----	----	-------	-----------

◆チップ供給検討部会

県北広域振興局	林務部 林業振興課	課長	玉山 俊彦	
久慈地方森林組合		所長	沢口 敬志	
久慈地域内 製材所	製材所8社			

◆電気・熱利用検討部会

岩手県林業技術センター		主席専門研究員	東野 正	
県北広域振興局	林務部 林業振興課	主査	高芝 俊雄	
NPO自然エネルギー・コンサル協会		理事	福島 尚	
オヤマダエンジニアリング	環境システム部	部長	川村 浩	木材加工施設整備
久慈地方森林組合		所長	沢口 敬志	
久慈地域内業者			利用農業法	

◆事務局

(株)東芝				
久慈市	農林水産部林業水産課林政グループ			

◆その他の関係者

久慈市役所	総合政策部 産業開発課	総括主査	木地谷 淳	
		主査	上森 義則	
がれき取り扱い業者				

調査事業内容より

～現実的な原料の量～

- 利用可能量を左から求めると失敗する！

山に豊富にある
木質資源

>>>

伐採、搬出
可能な量
(お金が絡む！)

>>>

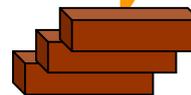
製材が
可能な量



1,470万m³/年

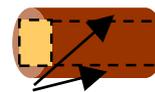


売れる材木
(A材、B材)



市場へ
販売

端材
曲がったり細い材木
(C材、D材)



久慈地域外からも



6.2万 t 製造
(製造能力の半分)

99.6%

製紙へ

0.4%

ボイラ燃料



利用可能量

この原料規模（43.9 t /日）以下で、

身の丈に合ったエネルギー利用を考えた！



「この地域の主な産業で使いたい」

木材を燃やした熱を……………

林業：木材の乾燥に使う。

しいたけ栽培：殺菌や暖房に使う。



立地等の条件を考慮し、しいたけ栽培に決定。

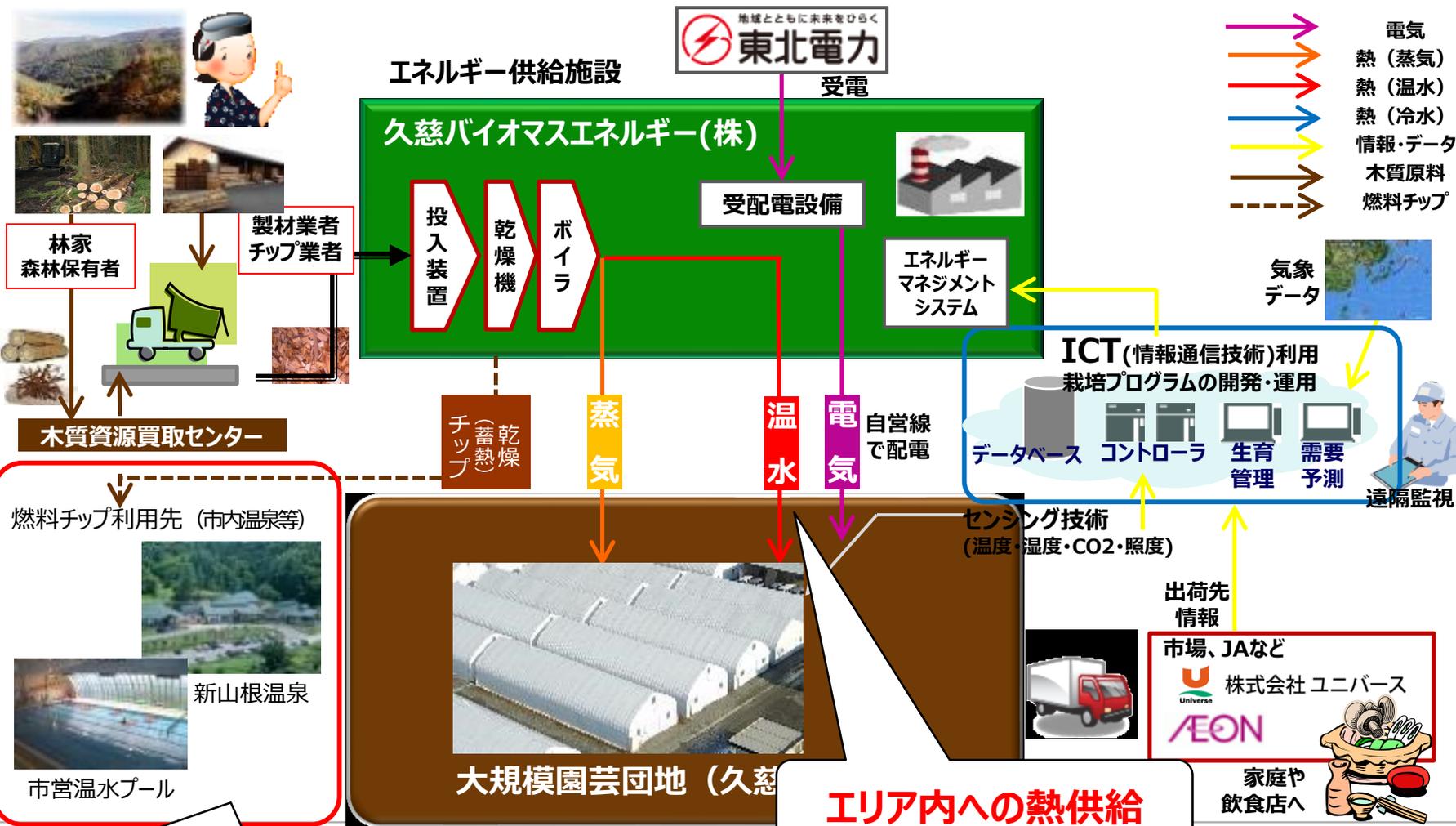
蒸気は配管で殺菌施設に、

温水も配管でしいたけハウスに供給

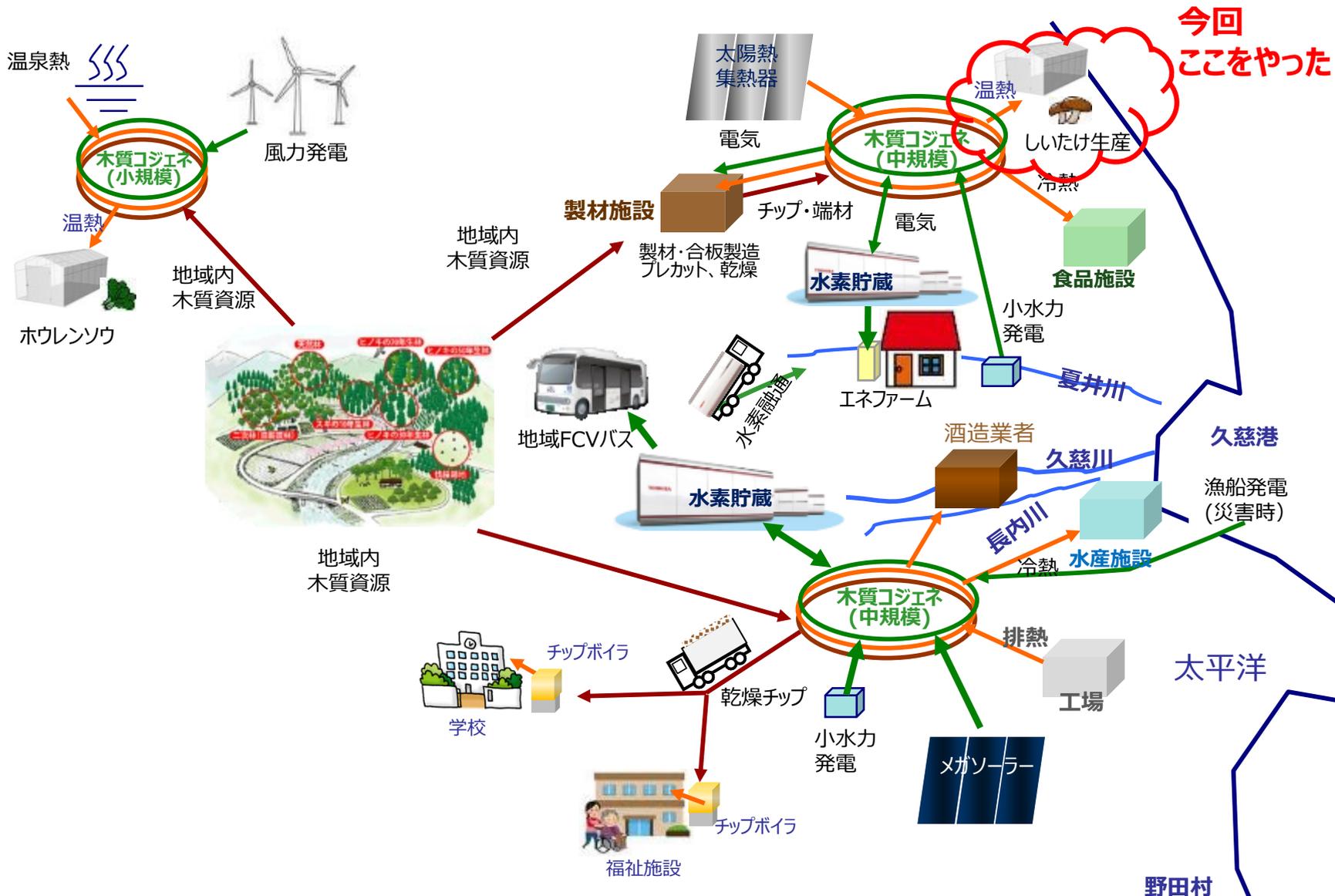
需要側から、約30 t /日の原料規模に。

このような全体像が描きました

地域にあるエネルギー供給会社を核にした、エネルギー・モノの需給システムの構築



地域で描いた目指す姿 (2012年年明け)



全体像

木質バイオマスを燃やして温水と蒸気を作り、ハウス60棟に供給

菌床しいたけ
栽培ハウス

菌床
殺菌棟

木質バイオマス
熱供給施設

～木質バイオマス熱供給施設～

木質バイオマスを燃焼して作った温水・蒸気を菌床しいたけ栽培に供給。さらに排熱でチップを乾燥させ、市内の温水利用施設のボイラに供給。

インプット

地域の森林



製材所



チップ (バーク)



温水ボイラ

蒸気ボイラ

乾燥チップ

暖房用温水

殺菌用蒸気

アウトプット

温水プール



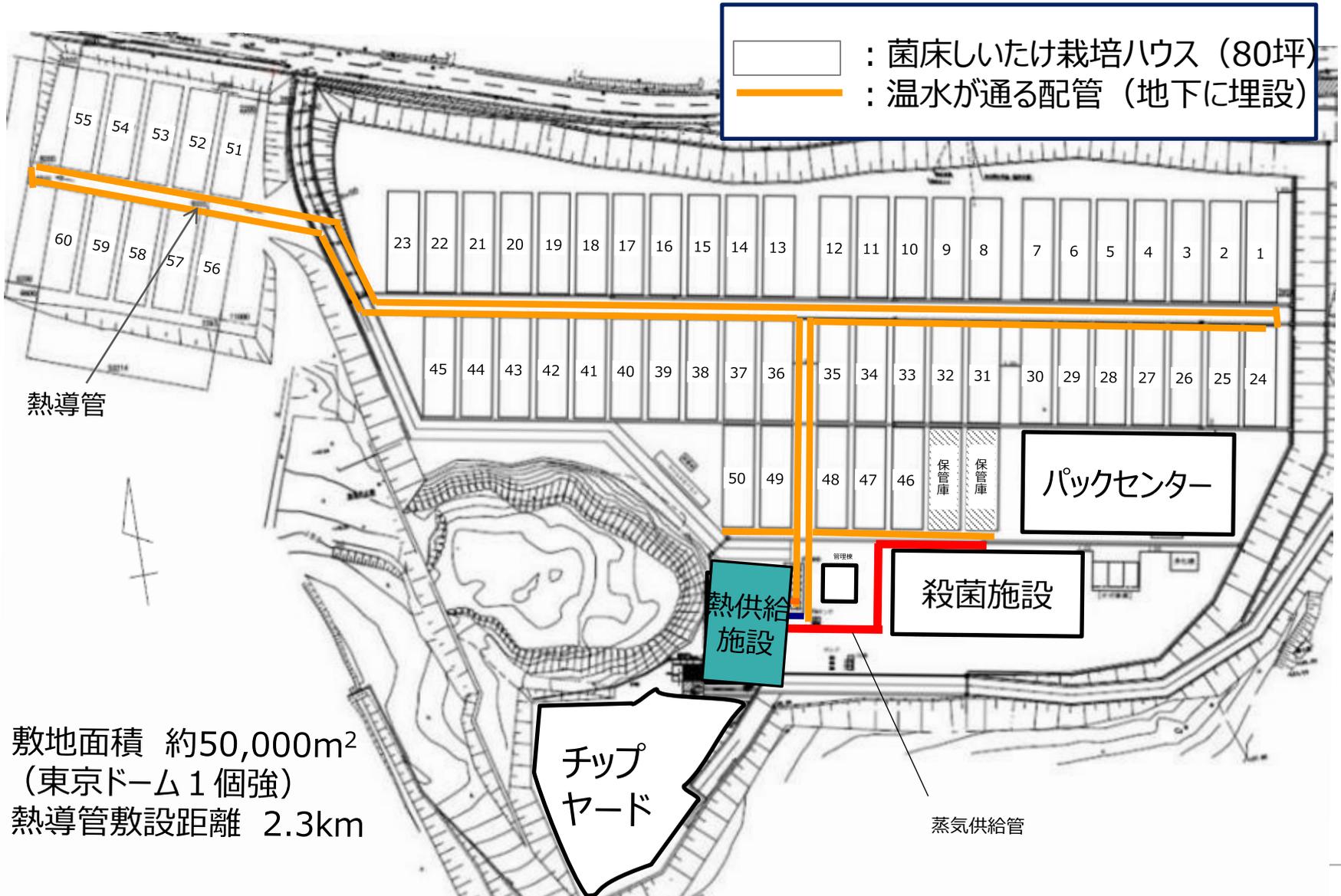
菌床しいたけ栽培ハウス



菌床殺菌棟



ハウス(60棟)とプラントのレイアウト



ハウス(60棟)とプラントのレイアウト(google mapに追記)



敷地面積 約50,000m²
(東京ドーム1個強)
熱導管敷設距離 2.3km

しいたけ栽培施設



しいたけ栽培ハウス

合計60棟(内建設済44棟)

ハウス1棟当たり80坪
(間口約9m、奥行き約29m)

殺菌棟

蒸気供給先



事業性向上のために その1

■原料は、バーク(樹皮)を利用。

バーク(樹皮)を利用するに至ったポイントは・・・

◆バーク（樹皮）は、**形状が不揃いで扱いづらいため**、使い道の無いあまりものとされている。

⇒😊**そのため安く入手できる**

◆実はカロリーは木部と殆ど変わらない。

⇒😊**燃料として利用可能**



扱いづらさを、技術や運用の工夫で克服できれば、
燃料として利用できるのでは？

バークの破碎に試行錯誤

原料：広葉樹、アカマツ、カラマツ、抜根材、台風被害で発生した流木でもテスト。

サイズ：ハンマー式破碎機のメッシュをいろいろ変えてテスト。
破碎の中で詰まる、時間がかかりすぎるなど苦慮。

破碎状況



破碎後ピンチアップ

何日間もテストを繰り返し、最適条件を見つけ出した。

バークの搬送にもひと工夫

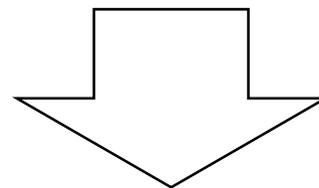
原料を乾燥することで軽くなり、風送が可能となる。
⇒コンベアよりも閉塞リスクを小さく出来た。が・・・



風送ダクト

バークの搬送にもひと工夫（続き）

繊維状になった細かいバークまで一緒に搬送されてしまい、後段のサイクロン（集塵機）で詰まる現象が。



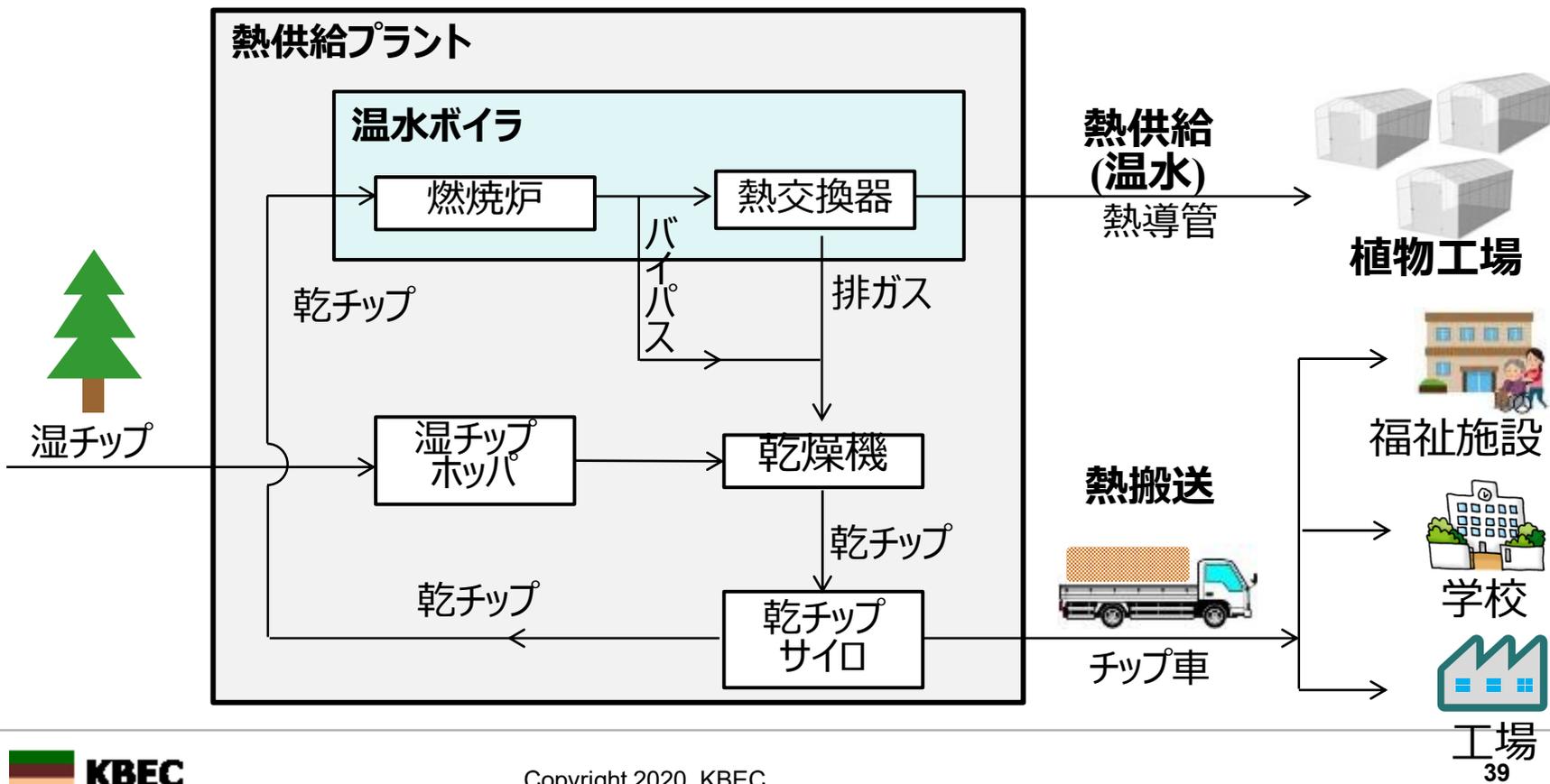
サイクロン（集塵機）の構造を改善することで克服。

事業性向上のために その2

地域資源・エネルギーを地域で使うため 乾燥チップのインフラ構築を目指す

久慈モデル

エリア内（近接地）へは**熱導管**で直接熱を供給
地域（遠方）へは**乾燥チップ**で熱を搬送



農業生産のIT化 との組み合わせ

しいたけの等級（値段も違う）

- 空調コントロールにより、出荷調整が可能となり
⇒売れ残りなし ⇒販売単価維持
- 品質コントロールが可能となり
⇒等級の高いしいたけ生産が可能



A品 ($2X + \beta$ 円) B品 ($X + \alpha$ 円) C品 (X円)

補足：しいたけ栽培について

菌床
作製

殺菌

蒸気を供給

菌接種

温度管理が必要！！（冷暖房）

培養

初期
培養

中期
培養

高温
抑制

後期
培養

17℃

20℃

25

23℃

~27℃

発生

1回目
収穫

2回目
収穫

5回目
収穫

12~20℃の間の温度帯で
きめ細かく制御

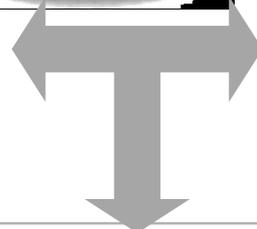
休養



収穫したしいたけ

パック詰め

保冷

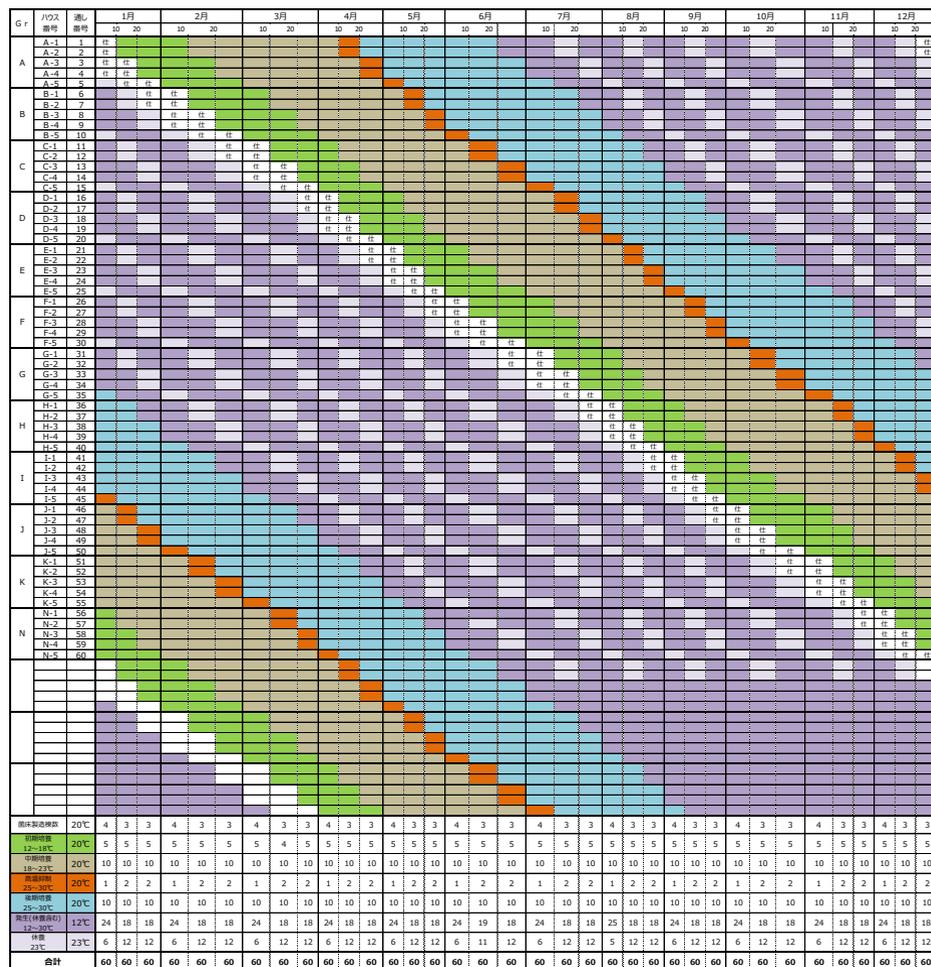


ハウス空調システム検討例

栽培ハウス60棟の栽培パターン

【周年安定タイプ】 平均的に菌床製造し発生

初期培養 12~18℃ 中期培養 18~23℃ 後期培養 25~30℃ 生育(培養後) 25~30℃ 休眠 12℃



空調負荷計算

- ・栽培モード(ハウス内温度)
- ・菌床ブロック発熱(発熱量)
- ・地中負荷(地中温度変化)
- ・換気量

システム設計

- ・セントラル方式
(従来：個別EHP+灯油焚き温風ヒータ)
- ・機器配置
- ・熱源容量の決定



実証試験と課題抽出

- ・空調方式(FCU)
- ・機器選定(能力, 形態)
- ・ハウス内環境(温度分布)
- ・生育状態



施設概念設計完了 (熱源容量・空調方式 導入メリット)

生育ハウス内の空調状況

- FCUにより、温冷風を吹き出す。
(送水温度 冷4℃/温50℃)
- 冷媒を用いたエアコン冷房に比べて湿度維持が容易



FCU設置状況



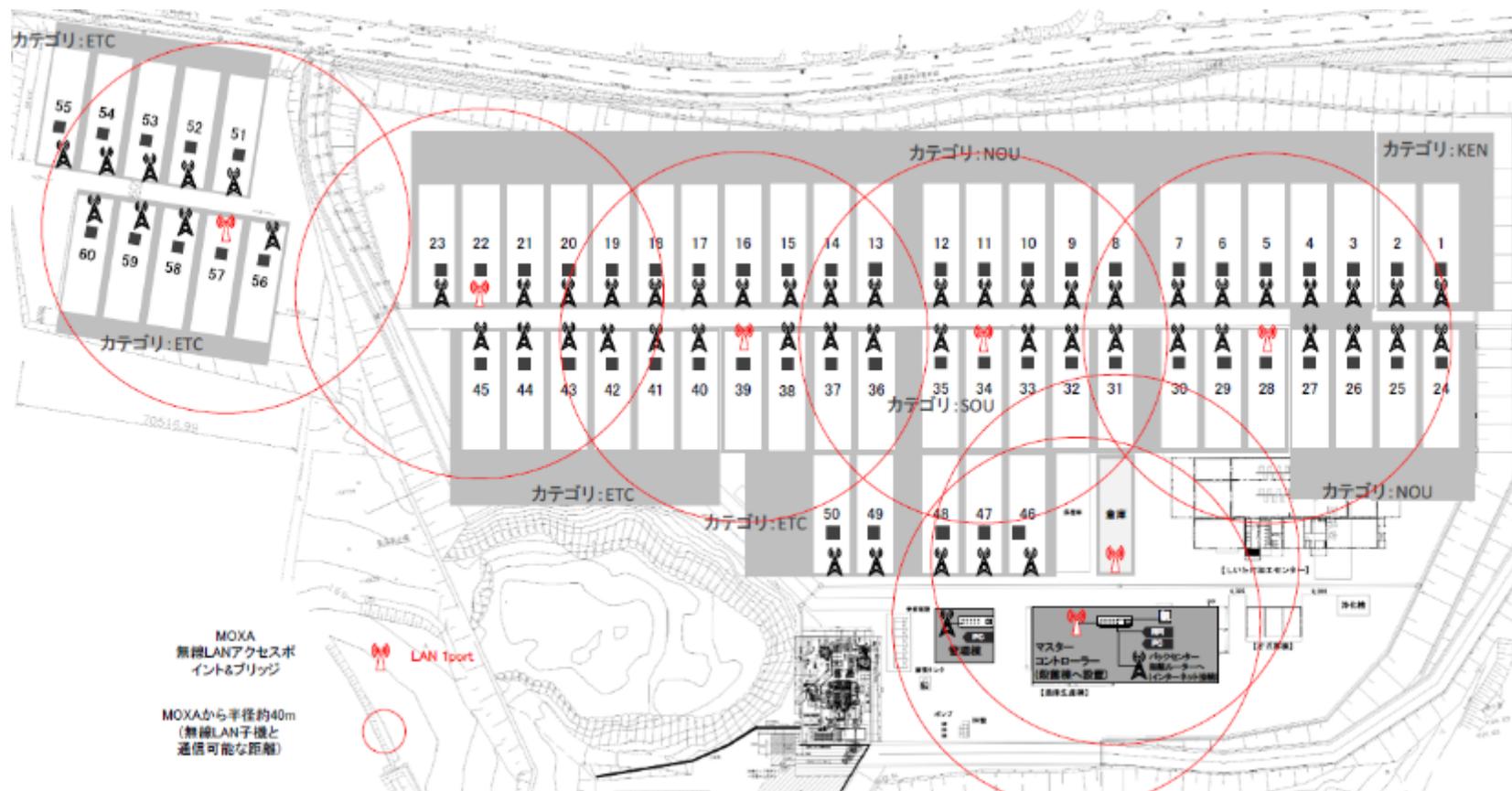
ハウス内コントローラ



しいたけ生育棚

ハウス空調制御・監視システム ～無線中継ポイント～

- 敷地内にRaspberry PIを用いたクラウドを形成し、無線LANによる通信網を形成
- 空調制御、ハウス内環境監視、データ記録等を実施。
- 試みとして、気象予測データを用いた冷温熱デマンド予測を検証中。



～本取組みがもたらしたもの～

インプット

地域林

未利用資源の活用

木質バイオマスを燃やして温水と蒸気を作り、さらに排熱でチップを乾燥させ、チップボイラに供給する。



乾燥チップ

暖房用温水

殺菌用蒸気

アウトプット

重油代削減

きのこ収率アップ

雇用の創出

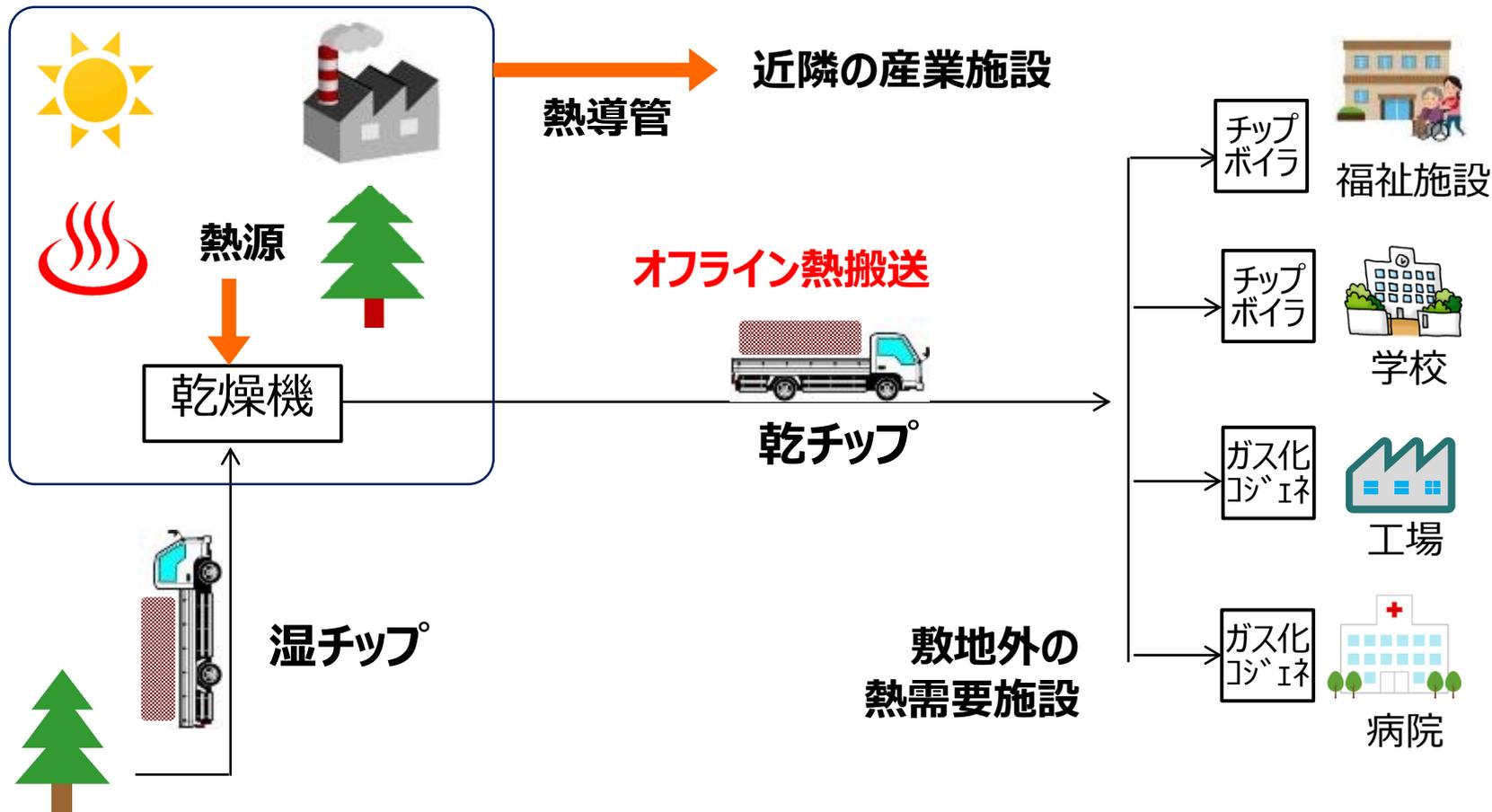
地域産業の活性化

5. 熱の面的利用への展開

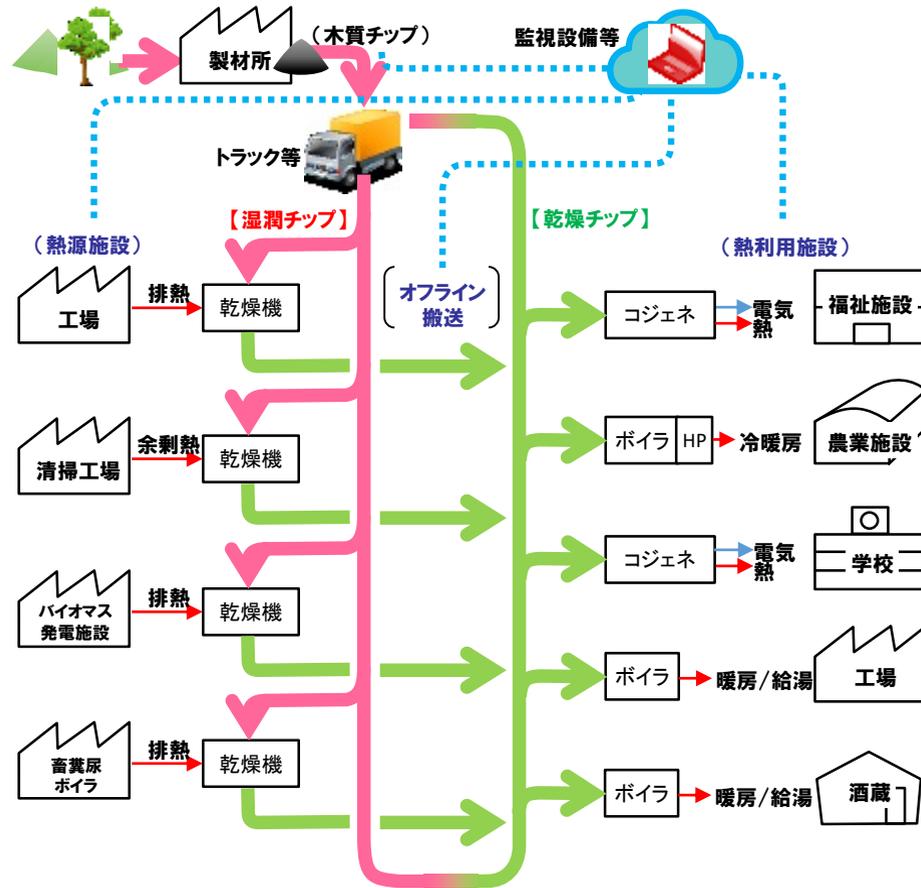
地域の熱媒体としての木質チップ°利用

地域の様々な熱源を、距離の制約なく供給する展開が可能

地域の熱源を活かし熱供給と
乾燥ステーション化



地域内の熱源でチップを乾燥し、地域内に熱を融通するオフライン熱供給システムの構築が可能



全体システムイメージ図

小型ガス化発電装置の普及が可能となる

熱電併給が可 ⇒ 発電出力 40kW

乾燥チップが必要 ⇒ 15%_wb 以下



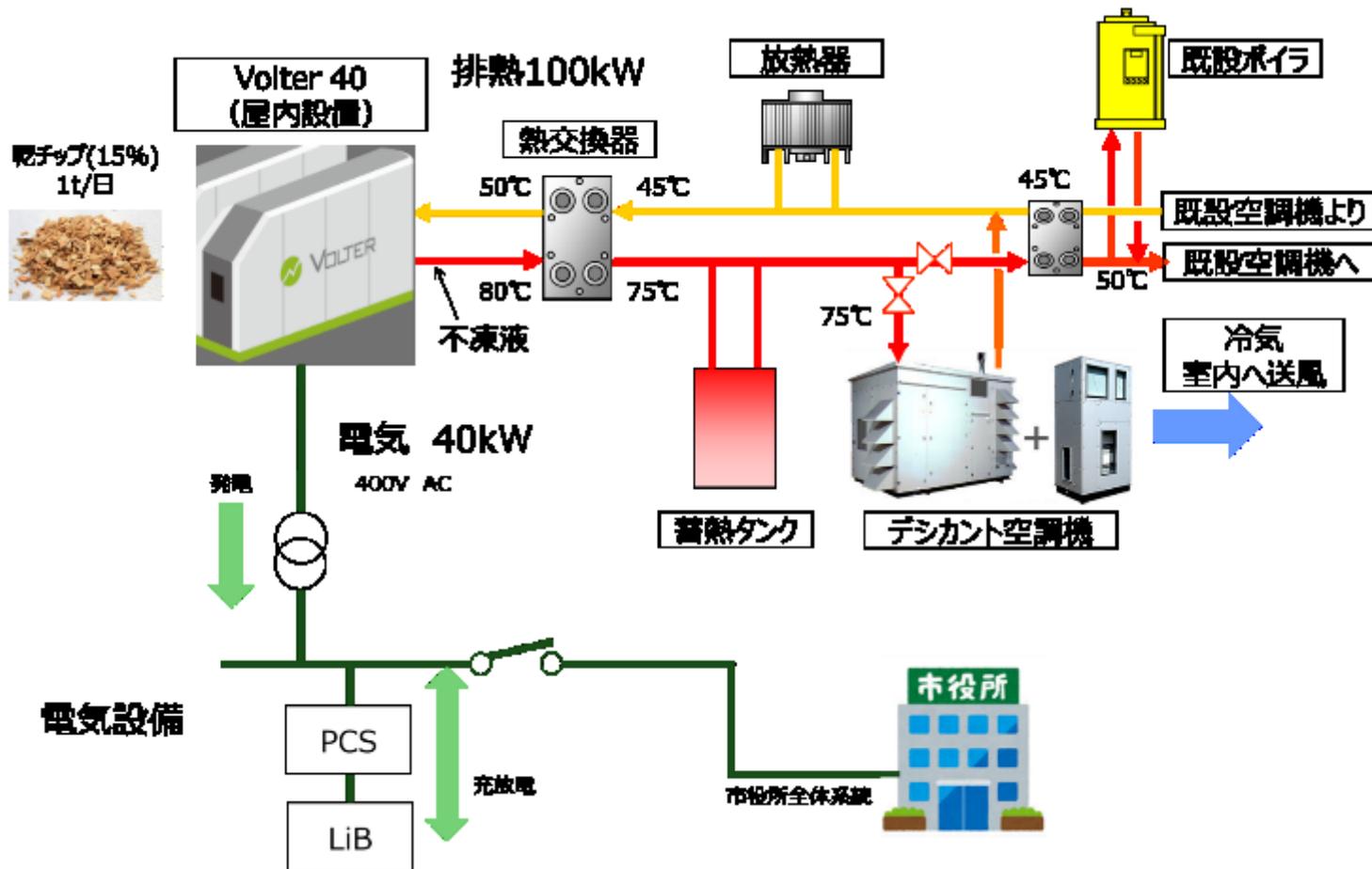
↑ 乾燥前 47.7%

↓ 乾燥後 12.3%



地域バイオマス資源を活用するための技術要素(4/5)

4. 乾燥木質チップ(切削)を原料としたコジェネレーションが可能 地域のエネルギーにより自立した施設の実現が可能



地域循環共生圏実現への貢献

- 各地域がその特性を生かした強みを発揮
 - 地域資源を活かし、**自立・分散型の社会**を形成
 - 地域の特性に応じて補完し、**支え合う**



地域マイクログリッドの構築イメージ

既存の系統配電線を活用しながら、災害等の緊急時には、下位系統と上位系統を分離し（オフグリッド化）、下位系統のみで地域の再生可能エネルギー等を地域内で供給するもの（地域マイクログリッド）も非常時のレジリエンス確保に有用である。

【想定されるシステムモデル】

