

木質バイオマス熱電併給事業の推進のための調査 成果報告

【調査の目的】

- FITの施行により全国で木質バイオマス発電事業化が活発化。しかし多くの事業が発生する熱の利用のない、発電単体の事業。
- CO2排出削減、木質資源の有効活用の観点からは発生する熱も有効活用し、エネルギー効率の高い熱電併給事業の促進が望まれる。
- 全国の導入事例や欧州の先進事例も踏まえ、熱電併給事業化の成立要件や課題、対応策について整理することを目的とした。

(調査事項)

- 国内メーカー・ベンダー調査
- 国内導入事例調査（現地調査含む）
- 欧州専門機関ヒアリング
- 欧州導入事例調査（現地調査）

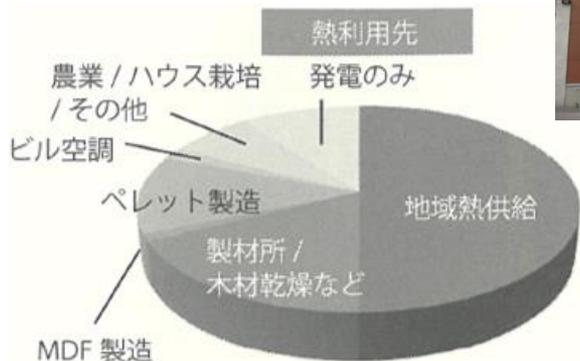
これらの調査により見えてきた事業化のポイントや課題、対応策について解説

【事業化のポイント】

- ❖ 熱をメインに考える（計画段階、オペレーション）
- ❖ 適切な技術選択
- ❖ 地域で調達可能な安価な燃料の活用と品質管理
- ❖ 創意工夫による独自の収支シナリオの構築
- ❖ まちづくりと一体となった事業形成

既存の熱需要をベースに考えた事業構築

- 用地選定段階から熱利用先を想定して計画を進めていく。
- 系統連系、用水、燃料調達、周辺環境の条件で用地選定から入る大規模発電とは異なる認識が必要。
- 熱多消費産業の立地、工業団地や大規模商業施設の計画時に、同時にエネルギーシステムの一環として組み込むことも考えられる。



日本でもFIT以前より木材加工工場等の熱多消費産業における熱電併給設備の導入事例は多い。

図 ORC (Turboden社製) 導入施設の熱利用先と発電規模の内訳
 出典：日刊工業新聞社「熱電併給システムではじめる木質バイオマスエネルギー発電」

熱需要サイドのエネルギー利用システムとのマッチング

- ORCやガス化発電の場合、80～90℃の温水が排熱として供給される。
- 日本の産業界では熱媒体として蒸気の利用が多い。
- 中低温の熱利用のメリットを生かして、熱利用側のシステムと一体となったリプレースで**既存産業のイノベーション**につなげることも。



熱供給インフラの整備(配管の敷設)



(熱供給配管コスト)

配管設置コスト:

200~500ユーロ/m (工事費込み)

⇒日本の数分の1のコスト

(配管について)

- ・ 1mで20W程度の熱損失
- ・ 耐久性は30年
- ・ 破損箇所が外部から確認できる
センサが組み込まれている



熱供給インフラの整備(熱損失)

- 熱損失は供給温度、配管の直径、配管距離、断熱材の種類により決まる。
- 需要側での熱利用が少ないと熱損失率も大きくなる。熱供給量が1.5MWh/m・年以下になると熱損失は極端に大きくなる。
- 熱損失が熱供給量の10%以下にすることが目安。

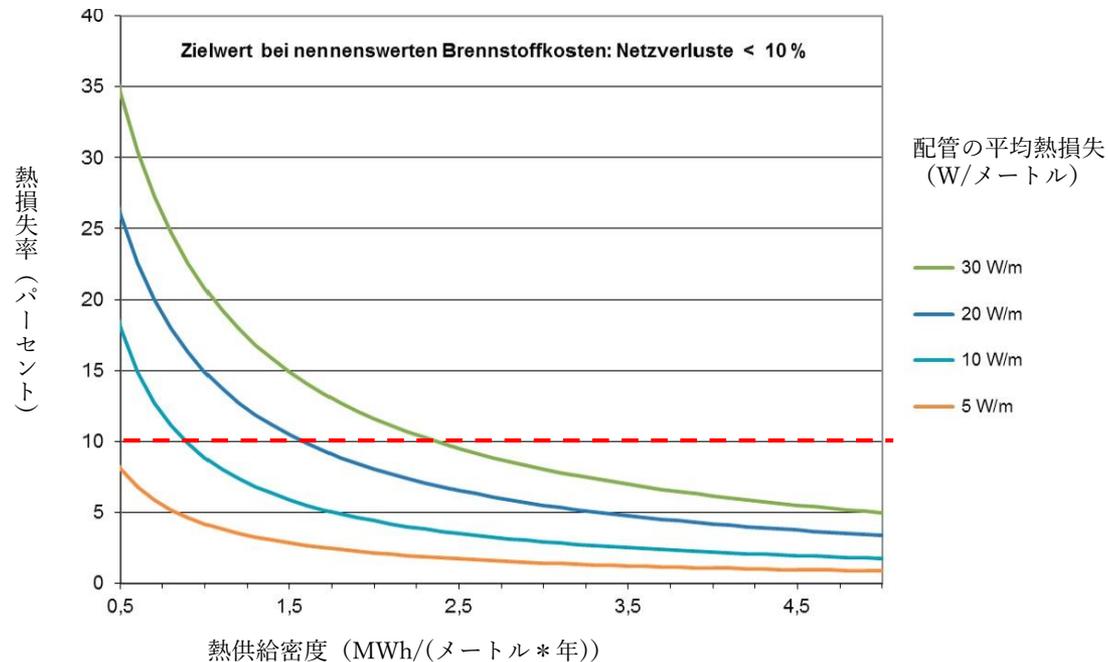
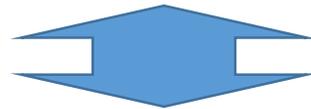


図 熱供給量と熱損失の関係

出典：C.A.R.M.E.N. 「Klein_Holzvergasungsanlagen Handlungsempfehlungen für Investoren」を基に作成

【FIT売電事業】

- 契約形態・単価はFIT制度のルールの中で確定
- 20年に亘る買取と売電単価の長期保証



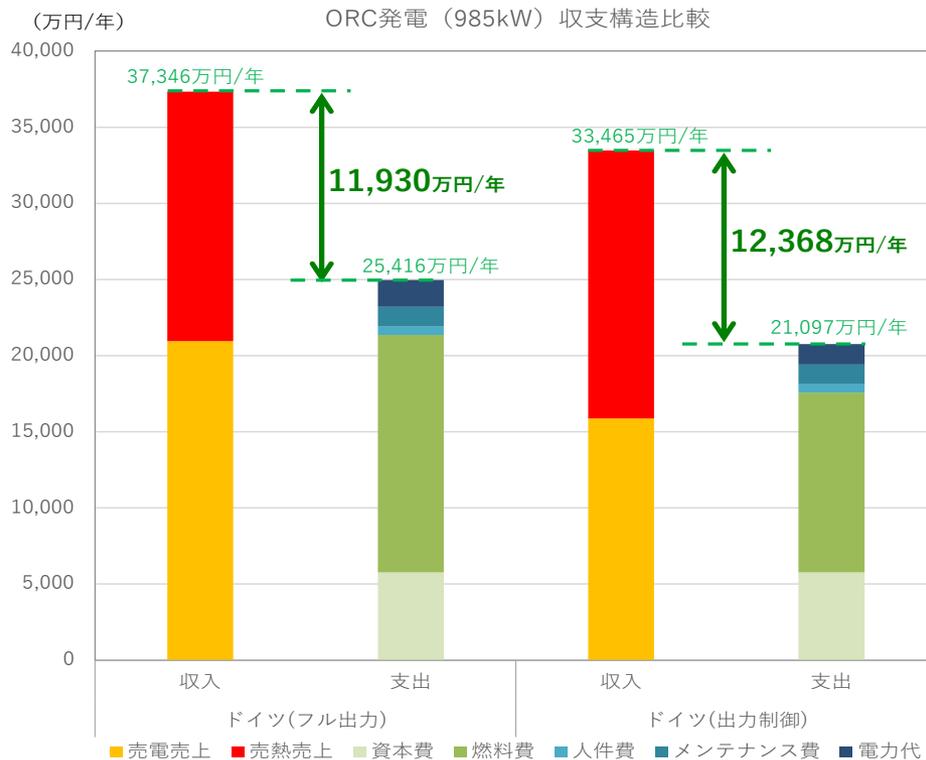
【売熱事業】

熱供給事業法適用外（多くがこの例）の場合、

- 自ら契約形態・期間・料金メニューを策定
- 原燃料の市場価格変動リスク
- 熱供給先の脱退リスク、双方の倒産リスク

熱負荷に応じた出力調整運転

- FIT売電は通常、24時間フル出力運転だが、熱電併給の場合は熱負荷に応じて出力調整することで**限りある資源の有効活用**、**エネルギー効率の向上**、条件によっては**収益性の向上**が期待できる。
- 欧州の蒸気タービンやORCによる熱供給プラントでは、出力調整されている例が多い。（夏季は完全停止し、年間6,000h稼働の例も）



(燃料消費量)

フル出力：20,000t/年

出力調整：15,000t/年

データ：事業者ヒアリング情報を基に作成

熱利用形態・燃料種・規模に応じた適切な技術選択



熱供給先

- 小規模地域熱供給 (100世帯)
- 温浴施設
- 本格的な地域熱供給 (2,000世帯~)
- 木材工場、製材所
- 大規模リゾート施設
- 製材所
- 発電のみ



熱の性状、温度



詳細は協会ガイドブックを参照

ガス化発電:実績ある機器の選定

- 国内外で無数のメーカーが開発、商品化に取り組む。国内では大手、中小20社程が開発に着手したが、大半が稼働を停止し、開発も断念。
- 取組の先行するドイツやオーストリアでも **商用レベルに達したメーカーは2、3社**とされている。(ドイツバイオマス研究センター、C.A.R.M.E.N.ヒアリングより)
- **導入数、連続運転実績、年間稼働時間、耐久性等の実績**をまずは確認。

<ガス化発電の技術熟度からの機器選定のポイント>

研究開発段階から実用化に向けて検証を重ね、実用に資する確実な情報を蓄積した設備に投資をすべきである。

- 原寸サイズのパイロットプラントで少なくとも1年の安定稼働を立証した設備
- 実用と同条件の実証プラントで理想的には数年をかけて実証した設備

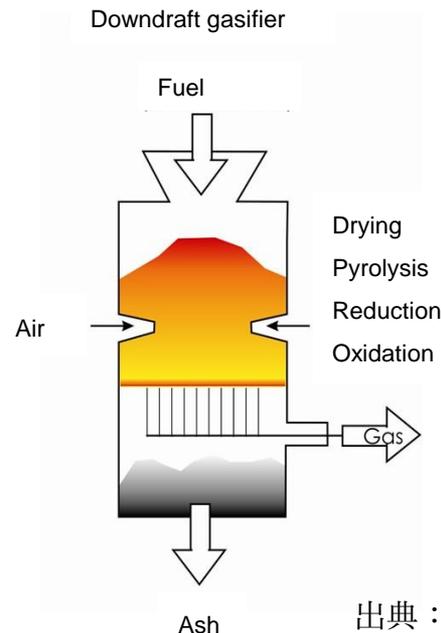
参考：C.A.R.M.E.N. 「Klein_Holzvergasungsanlagen
Handlungsempfehlungen für Investoren」

ガス化発電メーカー・機器リストの公表

装置ベンダー/Equipment Vendor	Access Energy (Calesta, Technologies, LLC)	A.H.T. Services GmbH	All Power Labs	Burkhardt GmbH	Community Power Corporation	ESPE SRL	GRE (Güssing Renewable Energy)	KOBELCO (コベルコ)	Kuntzechar Energieerzeugung GmbH					
国名/Country サイト/Website 日本支店/Japanese arm 国内向け販売部/Japanese in Japan サイト/Website 連絡先/Contact 連絡先TEL/Phone メール/E-mail	サイト/Website https://www.access.com 〒153-8522 東京都目黒区目黒4-6 基幹支店/Japan 〒153-8522 東京都目黒区目黒4-6 03-6370-6641 info@ah-ts.com	サイト/Website www.ah-ts.com (日本支店) 〒153-8522 東京都目黒区目黒4-6 〒153-8522 東京都目黒区目黒4-6 A.H.T. Services N.V. 469 (B) 2206 95190-0 03-5218-1129 info@ah-ts.com	サイト/Website http://www.allpowerlabs.com 〒1010-0054 東京都千代田区神田錦町2-11 〒101-0054 東京都千代田区神田錦町2-11 info.mach@allpowerlabs.com	サイト/Website http://burkhardt-gp.com 〒102-0074 東京都千代田区九段北4-11 〒102-0074 東京都千代田区九段北4-11 info@communitypower.com	サイト/Website http://www.espe.com 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F info@espe.it phone: +39 06 465 065 33	サイト/Website http://www.gre.com 〒141-8688 東京都品川区北品川10丁目12 〒141-8688 東京都品川区北品川10丁目12 info@gre.com	サイト/Website http://www.kobelco.com 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田	サイト/Website http://www.kuntzechar.com 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田						
住所/Office address 101-4222 千代田区目黒4-6 基幹支店/Office 1F	101-4222 千代田区目黒4-6 基幹支店/Office 1F	Diepenbroich 15, 51481, Overath, Germany	1010 Mary St Berkeley, CA 94710, USA	101-0054 東京都千代田区神田錦町2-11 〒102-0074 東京都千代田区九段北4-11 〒102-0074 東京都千代田区九段北4-11 〒102-0074 東京都千代田区九段北4-11 〒102-0074 東京都千代田区九段北4-11	103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F	〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F 〒103-0027 東京都中央区日本橋3-9-4F	〒141-8688 東京都品川区北品川10丁目12 〒141-8688 東京都品川区北品川10丁目12 〒141-8688 東京都品川区北品川10丁目12 〒141-8688 東京都品川区北品川10丁目12	〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田 〒100-8502 東京都千代田区千代田						
機器の写真 (ホームページやパンフレット等の 公開情報から引用)														
装置型式(名称) Equipment Code (Name) 発電方式 Generation type 定格出力(発電機)/kW 内部消費(kW) 発電効率(発電機時%)	Thermopower 125MW(実用) パネル型 135 10 (1) 12~13 (2) 1950	Thermopower 125kW(実用) 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70	AHT BG111-TE (250kW) カスタム (Twin fire type) with dual fuel or gas engine 250 0 30	AHT BG116-TE (500kW) 500 0 30	PP20 CHP ガス化 (Down draft) v-t engine 20 165 8 15 200 (170-190)	Gasifier V3 90 + CHP ECO 165HD ガス化 165 49 15 110 (25-85)	Gasifier V4 50 + small block 50T CHP ガス化 50 27 20 200 (170-190)	Dismeth100 Gen2 ガス化 (Down draft) 100 (25~75) 155 49 10 5.9 (発電出力/912%) 26 (40-120)	CHP50 ガス化 (Down draft) 50 49 10 5.9 (発電出力/912%) 26 (40-120)	DFB 1.1MW 二塔流動層 1,165 1,960 375 635 110 1,500	DFB 1.95MW 二塔流動層 1,960 1,600 635 F02 2,500	MSEG100L Ⅱ (31~125) 31~125 375 F02 1,500	MEG100L Ⅱ (170~475) 170~475 375 F02 1,500	HK130 ガス化 (Down draft) 130 150
燃料 燃料種類 燃料投入量 サイト/基幹支店/輸入率(%) 燃料 燃料 (装置への投入規格/条件)	ナビゲーション 10 (1) 12~13 (2) 1950 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70 ナビゲーション 10 (1) 12~13 (2) 1950 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70	AHT BG111-TE (250kW) カスタム (Twin fire type) with dual fuel or gas engine 250 0 30 ナビゲーション 10 (1) 12~13 (2) 1950 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70	AHT BG116-TE (500kW) 500 0 30 ナビゲーション 10 (1) 12~13 (2) 1950 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70	PP20 CHP ガス化 (Down draft) v-t engine 20 165 8 15 200 (170-190)	Gasifier V3 90 + CHP ECO 165HD ガス化 165 49 15 110 (25-85)	Gasifier V4 50 + small block 50T CHP ガス化 50 27 20 200 (170-190)	Dismeth100 Gen2 ガス化 (Down draft) 100 (25~75) 155 49 10 5.9 (発電出力/912%) 26 (40-120)	CHP50 ガス化 (Down draft) 50 49 10 5.9 (発電出力/912%) 26 (40-120)	DFB 1.1MW 二塔流動層 1,165 1,960 375 635 110 1,500	DFB 1.95MW 二塔流動層 1,960 1,600 635 F02 2,500	MSEG100L Ⅱ (31~125) 31~125 375 F02 1,500	MEG100L Ⅱ (170~475) 170~475 375 F02 1,500	HK130 ガス化 (Down draft) 130 150	
燃料 燃料種類 燃料投入量 サイト/基幹支店/輸入率(%) 燃料 燃料 (装置への投入規格/条件)	ナビゲーション 10 (1) 12~13 (2) 1950 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70 ナビゲーション 10 (1) 12~13 (2) 1950 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70	AHT BG111-TE (250kW) カスタム (Twin fire type) with dual fuel or gas engine 250 0 30 ナビゲーション 10 (1) 12~13 (2) 1950 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70	AHT BG116-TE (500kW) 500 0 30 ナビゲーション 10 (1) 12~13 (2) 1950 1810 230 465 200 (100~170h) 5~30 70 入口温度/℃程度 70	PP20 CHP ガス化 (Down draft) v-t engine 20 165 8 15 200 (170-190)	Gasifier V3 90 + CHP ECO 165HD ガス化 165 49 15 110 (25-85)	Gasifier V4 50 + small block 50T CHP ガス化 50 27 20 200 (170-190)	Dismeth100 Gen2 ガス化 (Down draft) 100 (25~75) 155 49 10 5.9 (発電出力/912%) 26 (40-120)	CHP50 ガス化 (Down draft) 50 49 10 5.9 (発電出力/912%) 26 (40-120)	DFB 1.1MW 二塔流動層 1,165 1,960 375 635 110 1,500	DFB 1.95MW 二塔流動層 1,960 1,600 635 F02 2,500	MSEG100L Ⅱ (31~125) 31~125 375 F02 1,500	MEG100L Ⅱ (170~475) 170~475 375 F02 1,500	HK130 ガス化 (Down draft) 130 150	

- メーカー・ベンダーの国内でのフォローアップ体制もよく確認
 - ・トラブル時の迅速な対応、部品等（特に海外規格品）の支給体制
 - ・エンジニアリング能力（建設時、メンテナンス）
 - ・企業の体力・与信力
 -
- ※海外では年間7500hの稼働保証を行っているメーカーも

- ガス化発電は含水率、サイズ、均一性等、厳しい燃料品質を要求。
- ガス化炉内での安定的なガス化、タールの発生抑制のため、
 - ・ 炉内の温度分布を均一に保つ
 - ・ 生成ガスが均一に炉内を流れる状態とする ことが必要。
- 国産の樹種、特に水分の多いスギチップとの相性は実証などで要確認。



出典：C.A.R.M.E.N.資料

- コストの50～60%を占めるのが燃料代。
- 採算性確保には燃料代の低減が必須。

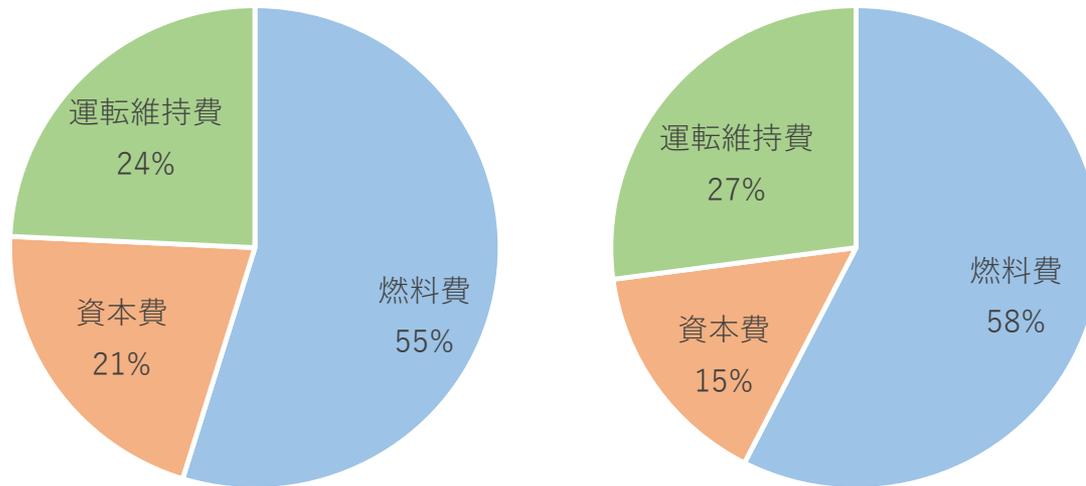


図 小規模木質バイオマス熱電併給事業のコスト構造 (左：ORC、右：ガス化発電)
出典：(社)日本木質バイオマスエネルギー協会H27年度調査結果を基に作成

- 事業者が自ら原料を調達する等、市場価格よりも安価に調達
 - 事業者の既存のビジネスの中から発生した材を活用（伐採木、剪定枝など）
 - 林業家が共同出資してプラントを運営し、自ら原料を調達



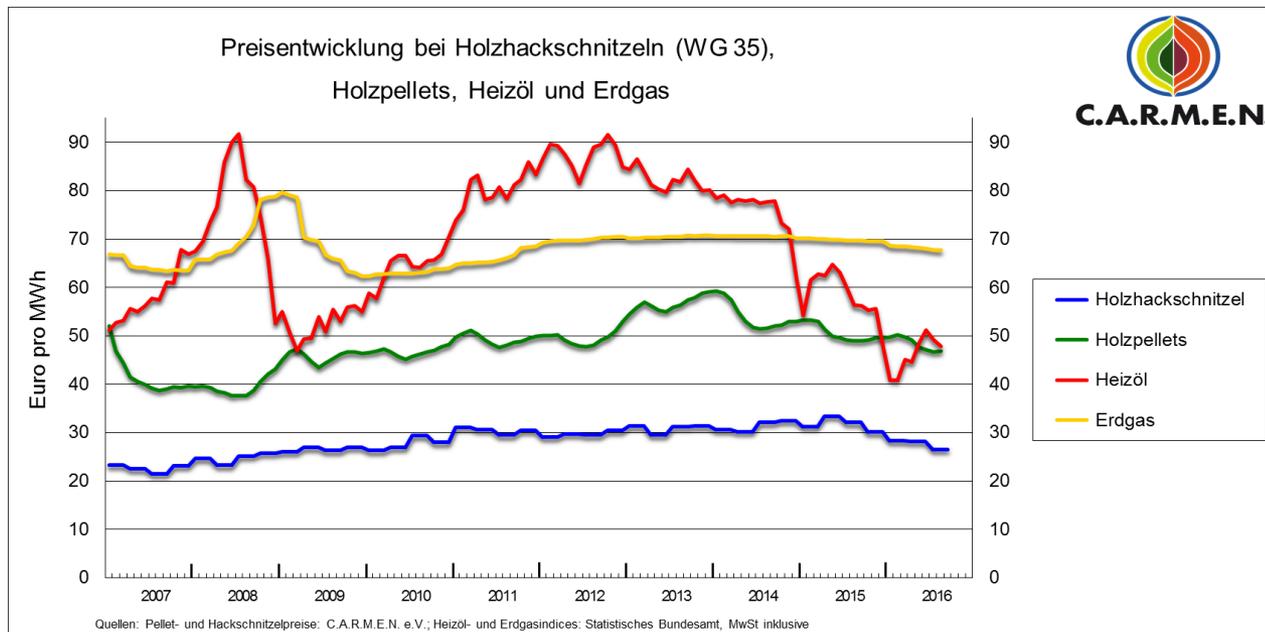
(ガス化発電 (30kW + 45kW) 導入の土建業者の事例)

本業の工事で発生した伐採木を活用

市場価格は18ユーロ/m³だが、原料は無償でコストはチップ化等の原価のみ

熱電併給事業におけるペレット調達価格

- 欧州の熱電併給事業者の聞き取り、また専門機関のコストモデルなどからも、事業者は**市場価格よりも有利な価格**で調達している例が多い
 - ・ 市場価格（グラフ緑線）：50ユーロ/MWh（ \div 230ユーロ/t、32.5円/kg）
 - ・ 事業者聞き取り：170ユーロ/t
 - ・ ドイツバイオマス研究センターガス化発電コストモデル：160ユーロ/t
- 日本では大型のペレット生産拠点整備等、ペレット市場の抜本的改革も必要



出典：C.A.R.M.E.N.統計資料

ORCや蒸気タービンの熱電併給は雑多な燃料も活用

- ORCや蒸気タービンであればボイラの設計次第で雑多燃料も活用可能。
- コージェネの場合、熱は原料が何であろうと売熱単価は変わらないため、未利用木材にこだわらず、低質・安価な燃料の活用により収支改善を図る。



- 欧州と比較するとイニシャルコストは1.5~2.5倍
- 海外品は輸入に係る費用や国内規格対応でコストアップ
- 欧州は既存施設への追加的導入が基本だが、日本は用地、土地造成、インフラ整備、建屋建設など全て新たな投資が必要なスタイルが中心

表 熱電併給施設のイニシャルコスト比較

	ドイツ	日本
ORC	86万円/kW	131万円/kW
ガス化発電	38万円/kW	90万円/kW

※ORCは1,000kW級、ガス化発電は170kW級を想定、1ユーロ = 130円

出典：ドイツ；ドイツバイオマス研究センター（DBFZ）「Stromerzeugung aus Biomasse」

日本；(社)日本木質バイオマスエネルギー協会「小規模木質バイオマス発電をお考えの方へ ガイドブック」を基にそれぞれ作成

既存設備内への導入によるイニシャルコスト低減

既存の地域熱供給プラントや製材所、工場等に導入される等、日本のように土地の取得から行っている単独の発電所とは異なり、**イニシャルコストの負担を抑えたスタイル**となっている例が多い。



建設業者の工場内のCHP (45kW)



既存地域熱供給へのCHP (180kW)の追加導入

メンテナンス等の内製化

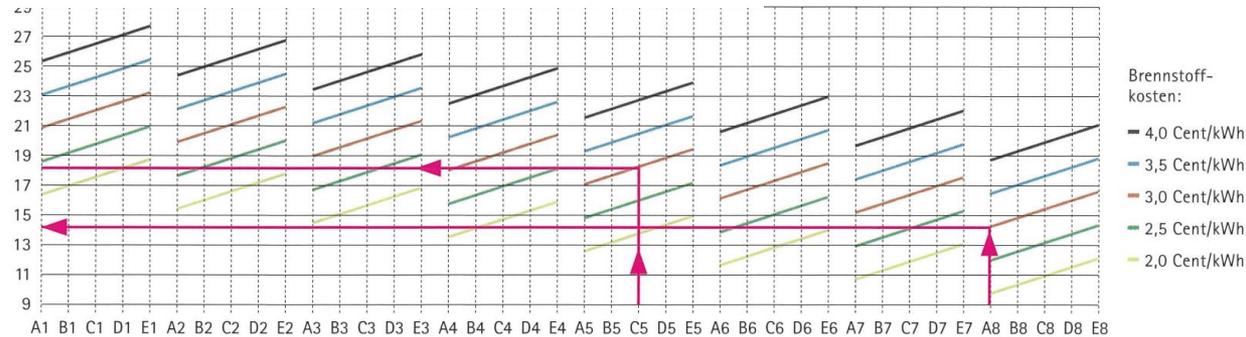
- 小規模な施設程、メンテナンスは**事業者自ら**が行い、それによって必要経費を抑制している例が良くみられる



独自の収支シナリオの構築

- 燃料調達、設備導入、売熱、オペレーションなど各段階で独自の工夫をし、独自の収支シナリオを作ることが重要
- メーカー提案の収支モデルはあくまで検討の出発点

効率評価と12年の場合の投資回収
予備電力 Cent/kWh



投資コスト / 発電率	5.500 €/ kWhel	6.000 €/ kWhel	6.500 €/ kWhel	7.000 €/ kWhel	7.500 €/ kWhel
25 €/MWh	A1	B1	C1	D1	E1
30 €/MWh	A2	B2	C2	D2	E2
35 €/MWh	A3	B3	C3	D3	E3
40 €/MWh	A4	B4	C4	D4	E4
45 €/MWh	A5	B5	C5	D5	E5
50 €/MWh	A6	B6	C6	D6	E6
55 €/MWh	A7	B7	C7	D7	E7
60 €/MWh	A8	B8	C8	D8	E8

図 熱電併給の採算分岐点分析シート

出典：オーストリアバイオマス協会「Wärme und Strom aus Holz」

地域づくりと一体となった事業形成

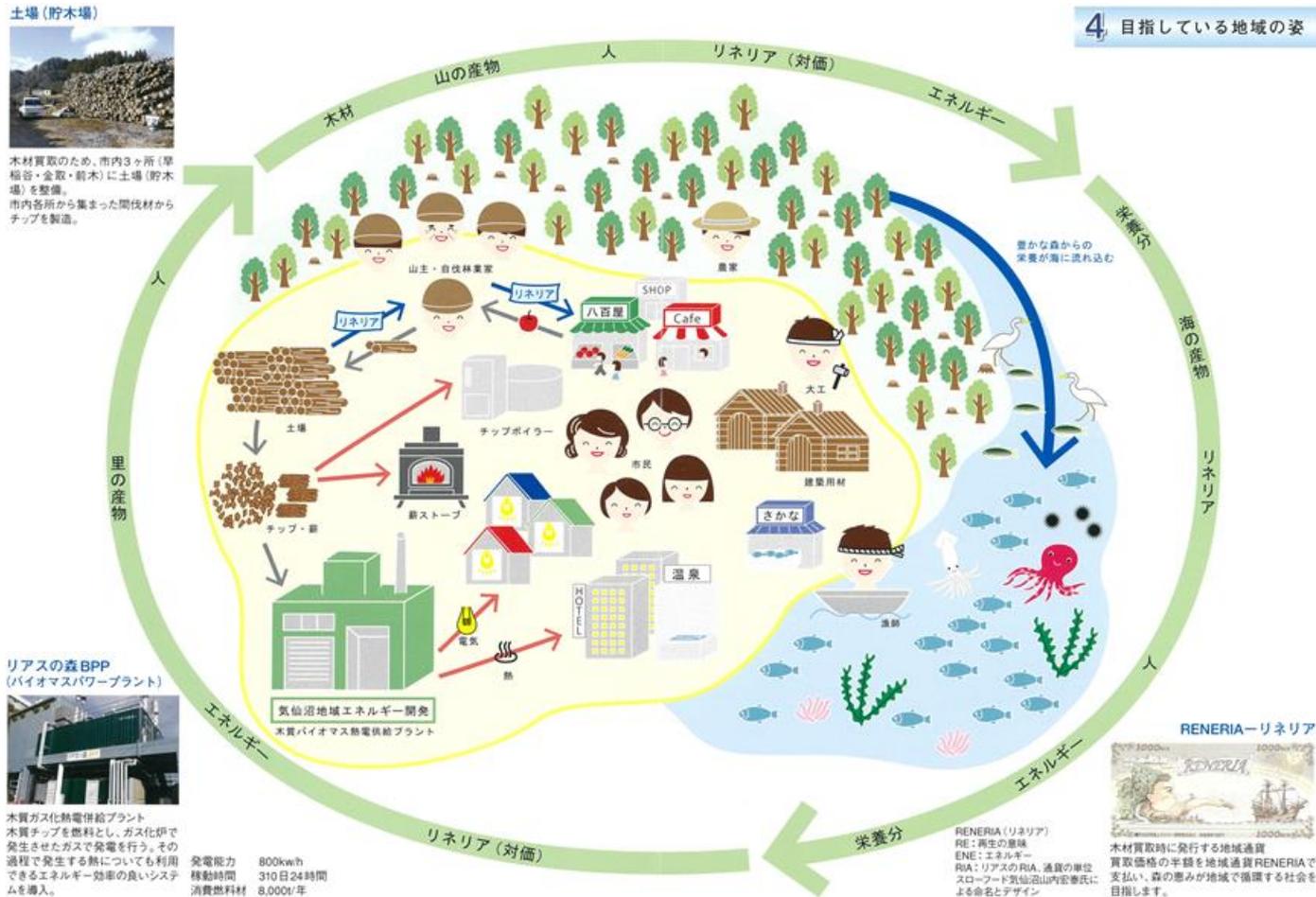


図 気仙沼地域エネルギー開発の取組を通じて目指す地域の姿
出典：気仙沼地域エネルギー(株)パンフレット

■ データ・情報の整備・発信

- ◆ 事業者に対する情報提供
- ◆ FITの買取条件等、施策立案時のバックデータ
 - ・ 技術・機器情報
 - ・ 導入ガイドブック
 - ・ 発電所の導入事例情報
 - ・ 発電所の稼働実績、コスト情報
 - ・ 燃料価格等の統計情報

■ 熱電併給促進のための施策支援・規制緩和

- ◆ 大規模バイオマス発電との違いを踏まえ、“熱電併給”のための独自の推進策も必要
 - ・ FITによる熱電併給の優遇
 - ・ 新たな熱利用・熱電併給施策（インセンティブ、補助、規制）
 - ・ 電気事業法の規制緩和
 - ・ インフラ整備

木質バイオマス熱電併給促進の意義

- 地域環境・地球環境 : 化石燃料消費・CO2削減、森林保全…
- 地域経済 : 新規産業・雇用創出、エネルギーコスト削減…
- 地域社会 : 域内交流促進、エネルギーセキュリティ向上…



単なる利潤目的の再エネビジネスではなく、**持続可能な地域づくり、地方創生を進めていく上での歯車となるツール**

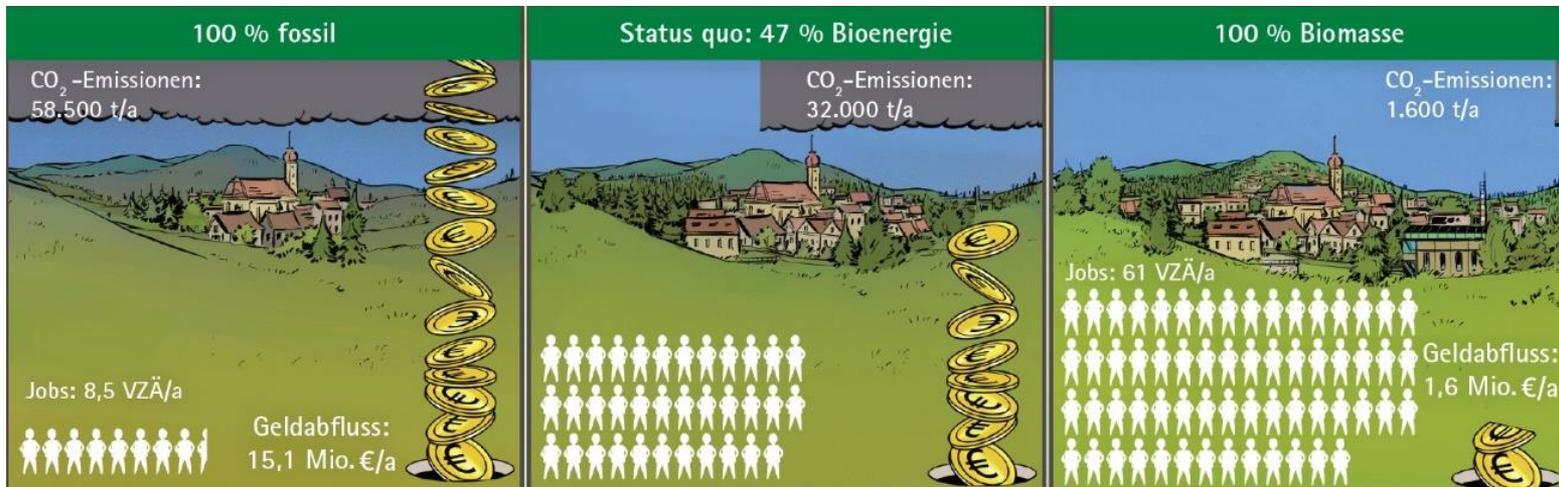


図 バイオマスエネルギーによる地域効果

出典：オーストリアバイオマス協会パンフレット