

鹿児島県庁 御中

鹿児島県 竹バイオマスエネルギー利用可能性調査 報告書

2019年3月

地域創生事業本部 地域エネルギーグループ

 株式会社三菱総合研究所

目次

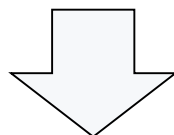
1. 調査の目的・背景	3
(1) 竹のバイオマスエネルギー利用の位置づけ	4
2. 調査全体の流れ	5
3. 調査内容	6
(1) 県内の竹の生育状況等に関するデータの整理	6
1) 竹の分布状況	7
2) 竹林の分布の特徴	8
(2) 県内の竹材の流通状況の整理	10
1) E社による竹の収集・加工 (1)	11
2) 竹の収集運搬	13
3) 竹のチップ化	14
4) 行政の支援施策	15
5) 課題の整理	16
(3) 竹のバイオマス発電利用に関する事例調査	17
1) 鹿児島県内のバイオマス発電所の現状	18
2) 鹿児島県外の取り組み (直接燃焼タイプ)	21
3) バイオマスガス化発電の可能性	22
4) 前処理技術 日立製作所	23
5) エネルギー利用以外の取り組み	24
6) 竹をバイオマス発電で用いる際の方法論の整理	25
参考：バークと竹の混焼について	26
(4) 本県に導入する場合の技術的、体制的などの課題の整理	27
1) 竹の未利用材、一般材の扱い 山口県の事例	28
2) 竹の収集運搬方法の整理	33

3) 竹の前処理技術の現状	37
4) ORCの現状、留意すべき事項 (バンブーエナジー株式会社)	40
5) 直接燃焼発電でのバーク、竹の混焼結果	45
6) ガス化発電での留意事項	54
7) バイオマス発電からの排熱利用	55
8) 各種技術に取り組む上でのパッケージの構成、課題の整理	58
(5) 具体的な事業実施体制の構築	59
1) 木質バイオマス発電所 (BTG) への混焼	60
2) 日立製作所の前処理技術 (竹100%) + 木質バイオマス発電等での燃焼	61
3) 直接燃焼 (竹+バーク) + ORC熱利用型	62
4) バイオマスガス化発電 (竹+バーク、もしくは添加剤)	63
5) 設備認定の種類と事業体制の枠組みについて	64
6) 小規模分散型を進める際の廃校跡地利用	65
7) 鹿児島県の竹の流通状況を考慮した候補技術の親和性	66
(6) 総括/来年度以降の方策	67
1) 総括	68
2) 今後の方策	69

1. 調査の目的・背景

<背景>

竹は関西地方以西で地域の森林を駆逐する勢いで繁茂しており、地域の大きな課題となっている。竹のバイオマスエネルギー利用がその一つの解として期待されているが、竹をバイオマス発電の使用原料として使用する場合、次の課題が指摘されているところである（①伐採の困難さ、②輸送時の空隙率の多さ、③チップ化装置の維持管理、④燃焼時の灰溶融の問題 等）。これらの課題を解決するために、現在、竹100%の直接燃焼だけではなく、バークとの混焼に取り組む実証事業も行われている状況である。

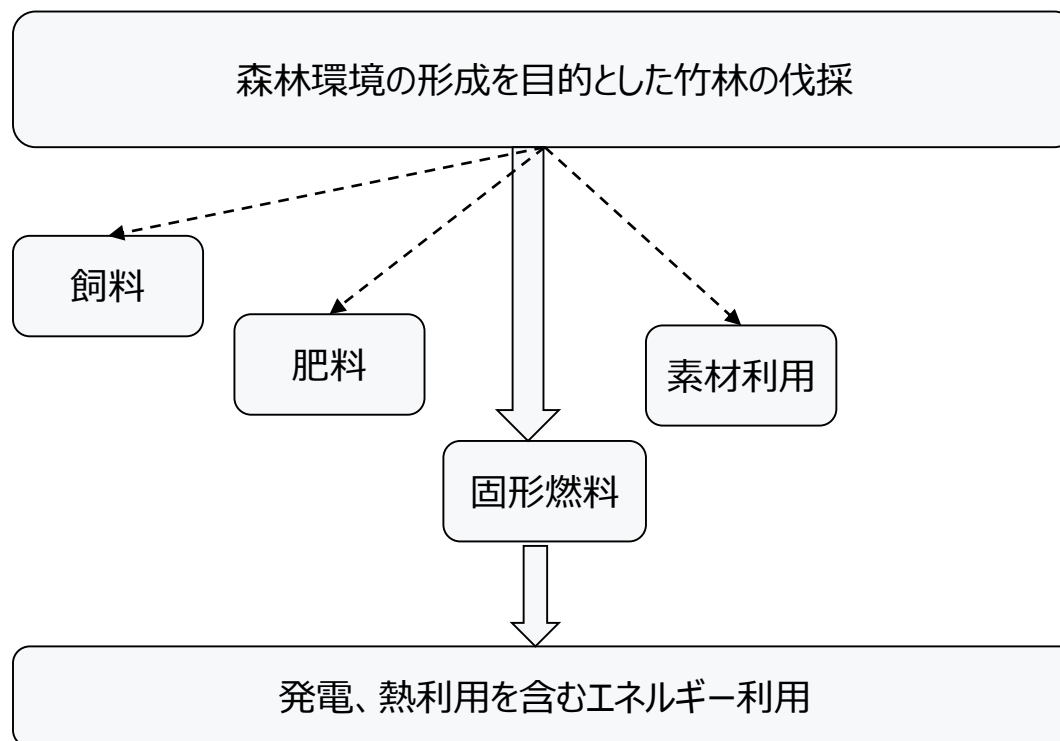


<目的>

鹿児島県、特に賦存量の多い北薩地域を主な対象として、竹を原料とするバイオマス発電事業を実現するために、現状とその課題を整理するとともに、実際に発電プラントを導入しうるかどうかの実現可能性調査を実施することを目的とする。

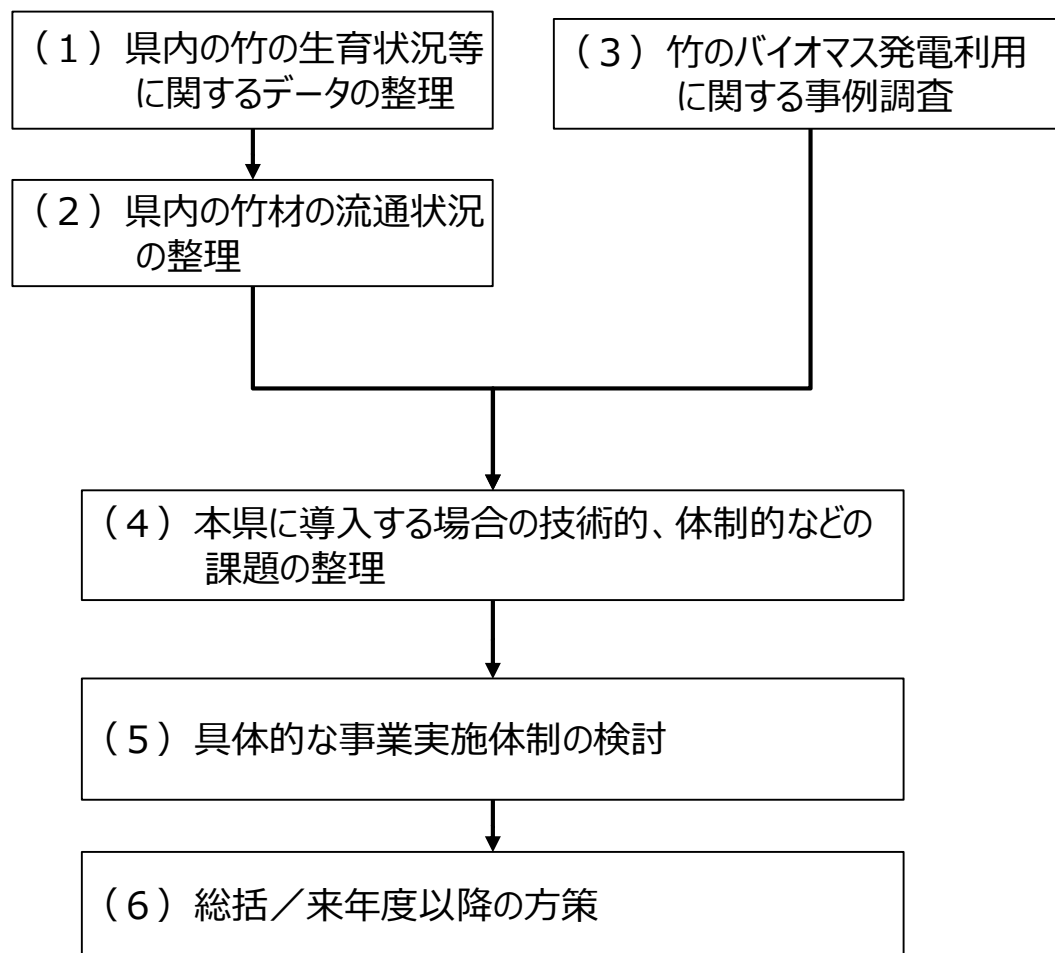
(1) 竹のバイオマスエネルギー利用の位置づけ

- 竹に関しては、その物理的な特徴から、他の木質バイオマス資源よりもコスト高になる燃料である。このため、すぐに燃料に用いるというよりは、飼料や肥料、竹の素材を活用するマテリアル利用等、付加価値の高いものから優先してカスケード利用していくことが望ましい。
- 現在、鹿児島県、および周辺の熊本、宮崎から、E社の行っている竹紙製造のために、竹が集荷されているが、その殆どがタケノコ栽培を担当している農家が、副業的に竹を持ち込んでいる状態となっている。
- 鹿児島県内の森林では、もともと杉やヒノキが植えられていたところに、竹林が侵入して（侵入竹）、森林の管理が行き届かなくなり、最後に放置竹林となるケースが多い。森林の適正な管理のためには、事業体を形成して、竹を専門的に伐採し、搬出・加工することが考えられるが、コストに見合わない現状であるため、行政側が事業体への支援を行いながら、侵入竹を除いていくことが考えられる。その出口の一つとして、エネルギー利用が考えられる。



2. 調査全体の流れ

- 調査の流れは以下の通りとなる。

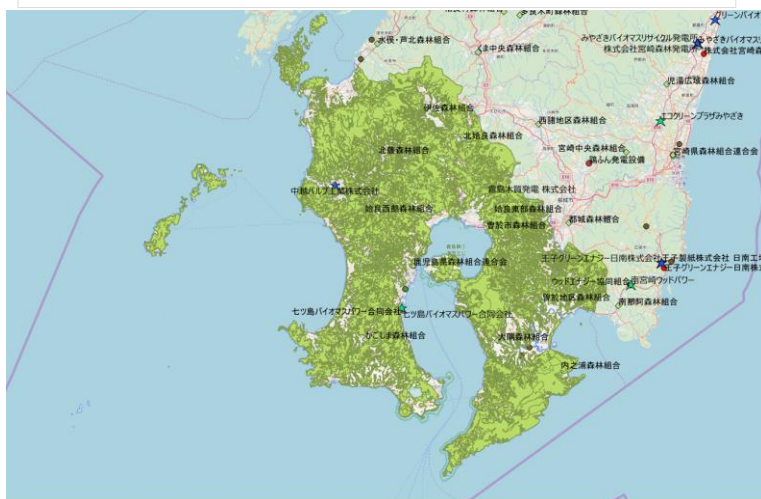
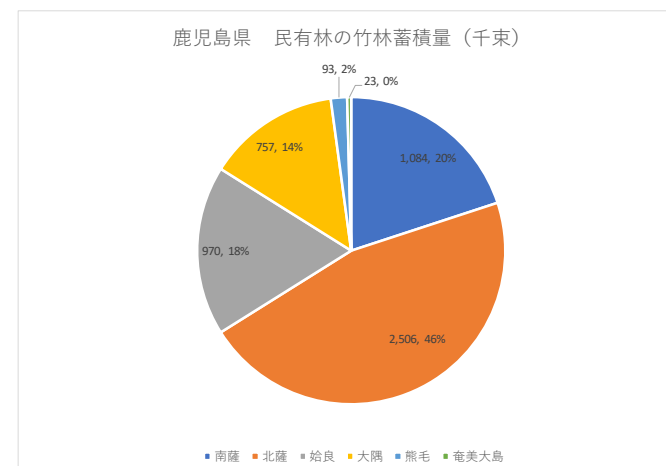
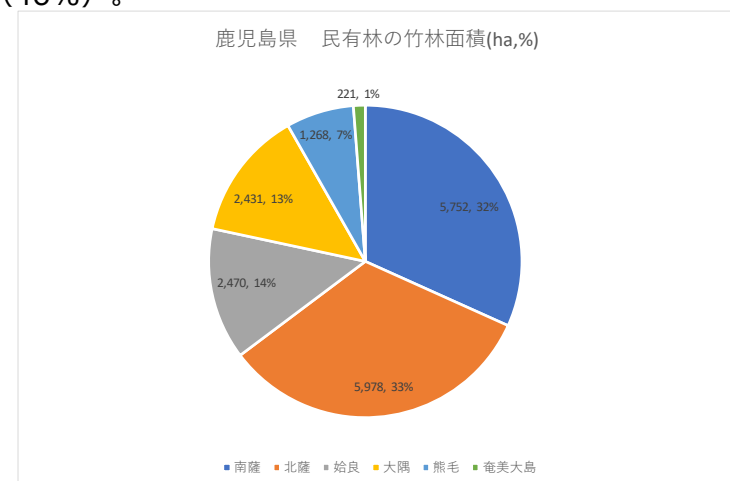


3. 調査内容

(1) 県内の竹の生育状況等に関するデータの整理

1) 竹の分布状況

- 鹿児島県の竹の生育面積は、1万8千haであり、全国で1位となる。次いで、大分県、山口県、福岡県となる。
- 平成30年度の鹿児島県の民有林の竹林面積：18,120ha 蓄積量：5,433千束となる。
- 地域別の面積割合は、北薩地域（33%）、南薩摩地域（32%）ともに同程度であるが、束数の割合をみると北薩地域の割合が最も高い（46%）。



国土数値情報よりMRI作成 森林地域データのプロット

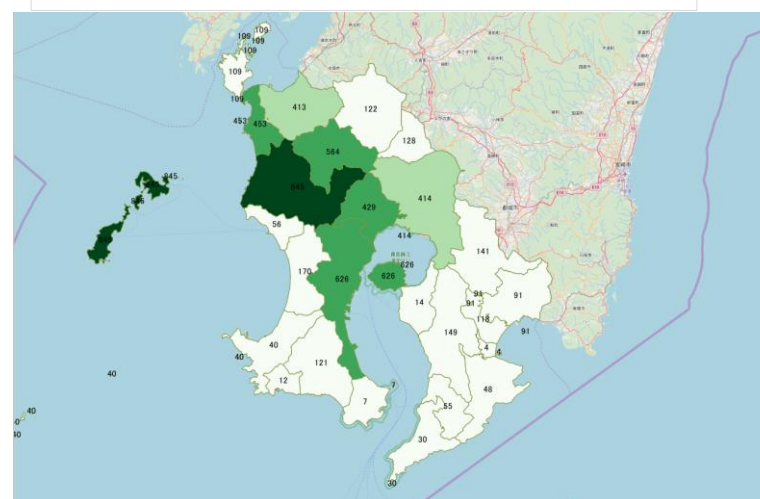


図 市町村別 竹の蓄積量 (千束) 色塗り分けマップ

2) 竹林の分布の特徴

- 鹿児島県庁殿より、鹿児島県内の2015年時点の森林小班のデータを受領し、竹の生育の盛んな地域となる北薩地域に限定して、樹種が「竹林」とされている森林小班のプロットを作成した。
- プロットからは、竹林が集中し、隣接した分布となっている地域があることが分かる。この理由として、以下の背景が考えられる。
 - ①タケノコ栽培を目的とした竹林が存在すること、②以前は杉、ヒノキ等の樹種であったが、侵入竹林により樹種が竹林となったところがある。

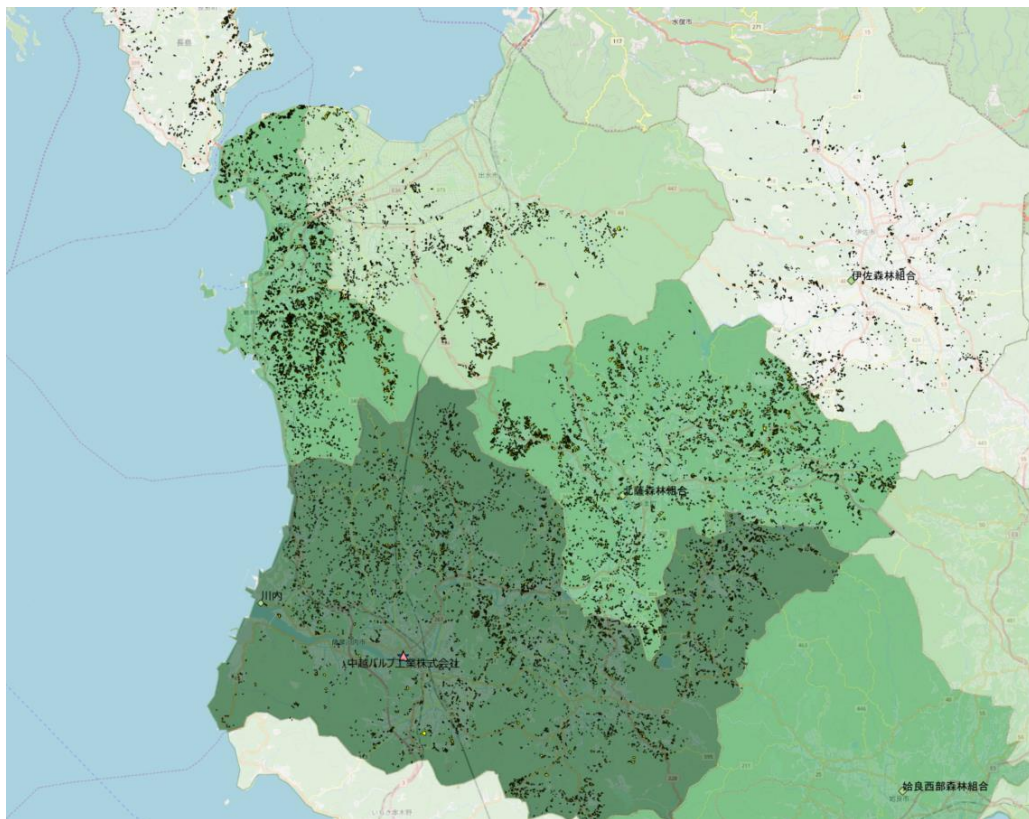


図 北薩地域の竹林の分布状況（森林小班の樹種が竹林であるもの）
出所）鹿児島県庁提供データ等よりMRI作成

2) 竹林の分布の特徴

- 縮尺を縮めて、阿久根市周辺の竹林の分布状況をプロットした図を示す。「竹林」となる森林小班が連続して分布している地域があることが確認できる。地図中「黄色」で示した凡例が、「竹林」を示している。
- タケノコが栽培されていた場所で手入れがなされなくなると、竹の「根茎」により、隣接地に竹が侵入してくることから、連続した分布が発生するものと考えられる。

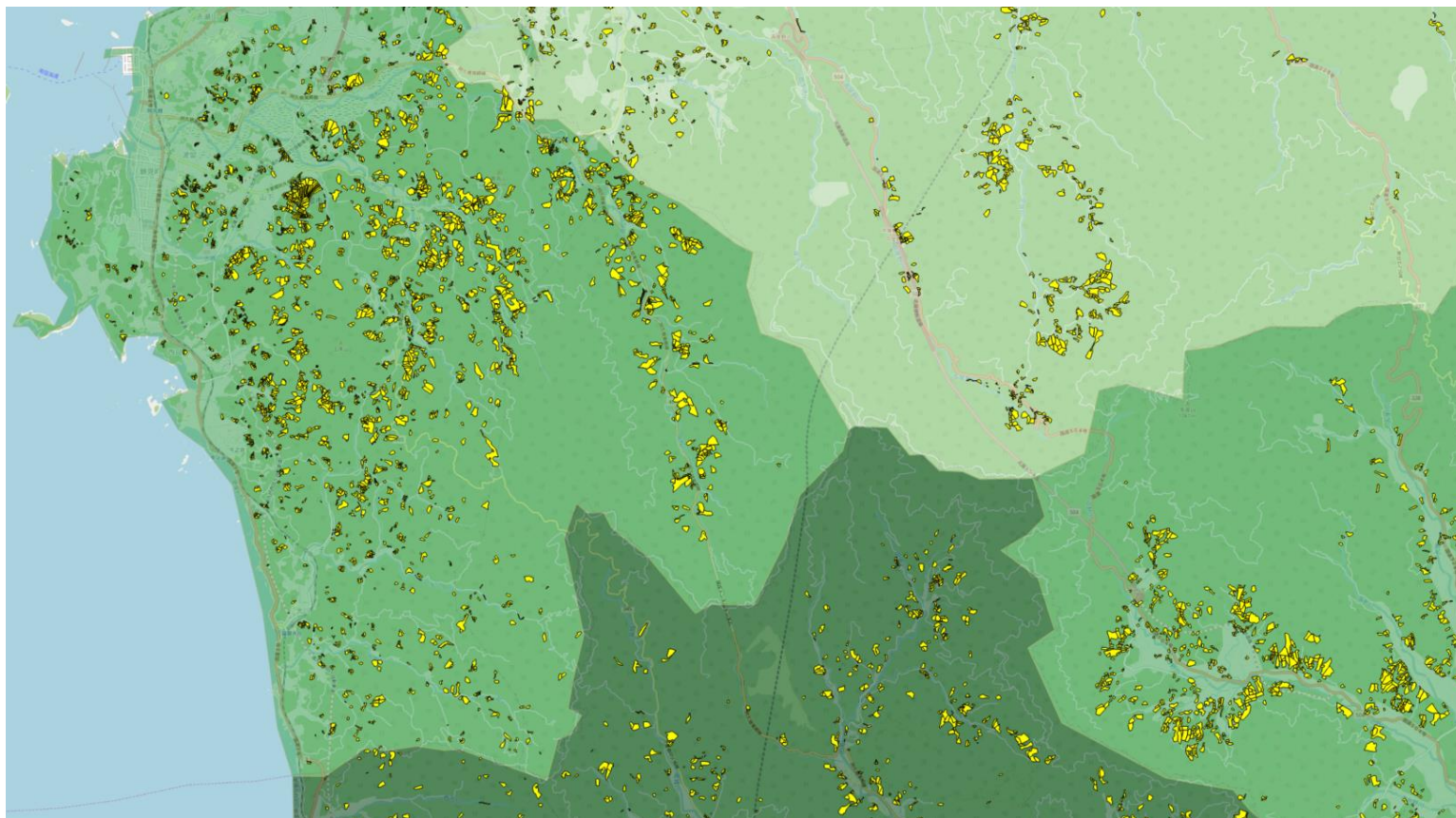


図 北薩地域の竹林の分布状況（森林小班の樹種が竹林であるもの）

出所）鹿児島県庁提供データ等よりMRI作成

(2) 県内の竹材の流通状況の整理

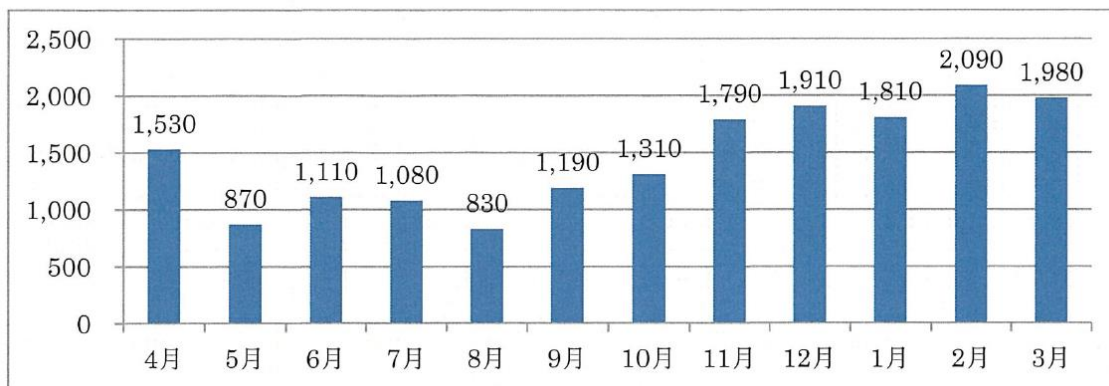
1) E社による竹の収集・加工 (1)

- 鹿児島県内の竹の流通に関して、E社が竹紙を製造するための原料として集荷を行っている取り組みが中心である。
- 同社に竹の収集・加工状況についてヒアリングを実施した。竹の子農家の副業的な竹の搬出の取り組みであることが、20年間、竹を集荷できたポイントとされている。

カテゴリ	E社の取り組み
竹の集荷範囲	<ul style="list-style-type: none"> ・ 製紙用チップを作っている工場は九州本土で計13か所（島を含めると計16か所）である。 ・ 地元の方が竹を搬入した際に買取価格が工場ごとに異なる。 ・ 最も価格が高いところは、薩摩川内市内等の近隣20km以内のところでは7,700円/生tで買っている。熊本までいくと4,000円/生t以下の水準になる。 ・ 竹はある程度まとまった組織で作業をしているのではなく、皆個人で行っており、持ち込み時は軽トラ（搬入量：約500kg/回）のため、1回で3,000円～4,000円程度。例えば竹の集荷量を伸ばすために運賃補助が最も早い方法ではないかと考えられる（1か所で集荷量を2倍に増やすより、それぞれの集荷元から少しずつ搬入量を増やす方が効果的である）。
竹の買い取り金額	<ul style="list-style-type: none"> ・ S工場では竹のチップを一律固定価格で買い取っている（他の木材チップと同等程度の金額）。 ・ 木材であれば工場が必要量が決まっている（故に、必要時は高くてもE社が運賃コストを負担してでも買うケースもあれば、逆に断るケースもある）が、竹の場合は工場から近くても遠くてもこの金額範囲内であれば全て買い取るスタンスである。

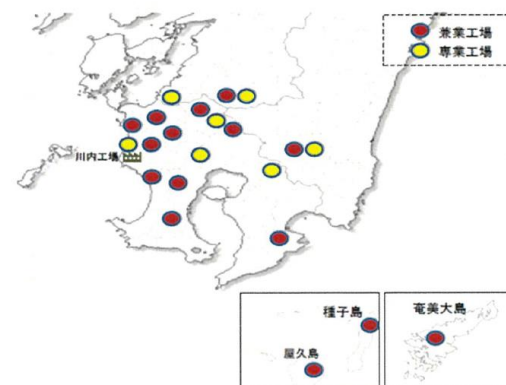
1、タケチップ月別集荷実績 (H25～H29 年度平均値)

単位：トン



出所) E社提供資料

2、チップ加工工場位置図



1) E社による竹の収集・加工 (2)

カテゴリ	E社の取り組み
竹の集荷コスト	<ul style="list-style-type: none"> 竹の搬出費（伐採含む）で20,000円／生tは発生する。最も条件が良いところでも12,000～13,000円／生tの水準である。これ以下のコスト削減はまず不可であるとの地元の認識がある（地元にくらで買い取ればやってくれるかという質問をした際に30,000円／生tという意見があった）。 竹の場合、機械を入れても、人間だけで行っているのとあまり差は出ない。重機や特殊機械等を導入しても（広大な面積でない限りは）働きどころがなく、効率が上がる訳ではない。 木は1t／本の重量であるが竹の場合は約40kg／本であり、1人でも運べる。伐採に要する手間は木と竹とでさほど変わらないが、同じ本数で得られる重量が数倍異なる。木材は搬出費5,000円～6,000円／生tのところ、竹だと約4倍要する。 竹を刈って持ってくる人を調べたところ、およそ2,000人（主に一般のタケノコ生産農家）いた。1人あたり約1t／月出して20,000t／年程度の規模になる。
竹紙の製造	<ul style="list-style-type: none"> 1回のパルプ生産に必要な竹の量は、約800生トンとなる。
竹チップの製造	<ul style="list-style-type: none"> チップの受入規格が決まっており、乾くと竹紐のような長いものが出てきてしまうため、加工しやすい青竹のみ集荷している（切ったらすぐに搬入）。 竹の表面が乾燥すると（切削方式でナイフのため）刃が傷む上、サイズがバラバラになると歩留まりが落ちる。刃が傷むとチップのサイズが大きくなり、できたチップも受入拒否される。 杉等の木材の場合、1台のトラック（12t車）10台分切っても問題ないが、竹の場合は1台（12t車）で駄目になる。2台目の竹を切ると規格外ばかりのチップが出てくる。従って、朝一番に竹を1台分切ったらその後2台目からは（柔らかい）木材を切る、という方法で行っている。そうすれば刃の交換をせずに使い続けられる。また、チップ化に要する時間は、木材の2倍以上かかる（加工機械の入り口の直径が約40センチであり、入る本数は変わらないが、竹の場合は中空の分、木材よりも同じ量のチップを生産するのに時間がかかる）。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

2) 竹の収集運搬

- E社と関係の強い、鹿児島県内の竹チップを生産している事業者に対してヒアリング調査を行った。その結果を下表に示す。

	A社	B社	C社
竹の集荷量	約3,000t (H29.7~H30.6) 約4,400t (H28.7~H29.6) <ul style="list-style-type: none"> • 多い時で約30t/日 (700kgの竹材を積んだ軽トラックが約50台入ってくる。) • 竹の入荷量は最近減少傾向 	約3,500t (当初は6,000t/年を想定) <ul style="list-style-type: none"> • 竹の入荷量は最近減少傾向 	約1,800(t) (2017.4~2018.3) 約1,600(t) (2016.4~2017.3) 約2,400(t) (2015.4~2016.3) <ul style="list-style-type: none"> • 竹の入荷量は最近減少傾向
竹の取り扱い開始	15~16年前	2011年1月	
集荷範囲	約20km圏内		始良市、霧島市、鹿児島市、熊本県 (限定的)
竹の登録者数	数百名	約500~600名	約400名
実際の搬入者数	<ul style="list-style-type: none"> • 竹のみで生計を立てているグループが2~3存在する。 • タケノコ生産者がよく搬入する。 	冬場120~130グループ 夏場には30~40グループ	120~130名
備考		<ul style="list-style-type: none"> • さつま町に代わって補助金事務を代行している。 	<ul style="list-style-type: none"> • 即日現金決済を行っている。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

3) 竹のチップ化

- チップ事業者ヒアリングをした結果、様々な工夫を行いながら、竹のチップ化を行っていることが分かった。また、竹に取り組んだことのある事業者からも竹の処理方法について、工夫があることが分かった。

	A社	B社	C社
竹のチップ化のタイミング	<ul style="list-style-type: none"> • 昼一番で竹をチップ化する。 		<ul style="list-style-type: none"> • 竹専門のチップ化を行っている。
搬入タイミングのピーク	<ul style="list-style-type: none"> • 午前10～11時 		
チップターの刃のメンテナンス	<ul style="list-style-type: none"> • 竹と木材を同じ刃で使用する。 	<ul style="list-style-type: none"> • 木材を切る場合と比べて、2～3倍ほど傷みやすい。 	<ul style="list-style-type: none"> • 15tトラック3台分を切ったのちにチップターの刃を交換する。 • チップターの刃を5セット用意している。
チップターの種類	<ul style="list-style-type: none"> • 大平製作所製（C工場） 		
留意事項	<ul style="list-style-type: none"> • 1年目の竹は、綿状になってしまったため、チップ化は行わない。 • チップ化後、サイロを掃除する必要がある。 • 25t車が一杯になるとE社に運ばれる。 • 竹は伐採しても笹が絡まって簡単には倒れず、人力で倒して運び出す必要があり、木材を伐採する時と労力が変わらない（にも関わらず、ボリュームとしては空洞がある分少ない）という課題がある 	<ul style="list-style-type: none"> • 1年目の竹は受けつけていない。（節の色が白くなる） 	<ul style="list-style-type: none"> • 竹が生えているところは傾斜地もあり、実際に高齢者が伐採作業をすることは大変な作業になるため、伐採し易いところに限定して刈り取られている。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

4) 行政の支援施策

- 現地ヒアリング調査を通じて得られた鹿児島県内の自治体の竹の買い取り補助金額について整理した。
- 薩摩川内市では、もともと2,300円/tであった補助を1,000円/t上乗せを行い、その効果を検証している。

	自治体名	チップ工場での竹の買取価格	竹の買取補助	竹のプラント着価格	備考
鹿児島県	薩摩川内市		3,300円/t	ほぼCD材となる木質チップの取引価格と同等の価格	補助金を上昇させたことによる政策効果を検証中。
	阿久根市	7,500円/t	1,500円/t		A社ヒアリング結果
	出水市		2,500円/t		
	始良市	7,700円/t	1,000円/t (始良市内)		C社ヒアリング結果
	伊佐市		2,300円/t		事務手数料として、0.1円/kgを支払っている。
	さつま町		2,300円/t		
(参考) 熊本県	南関町	4,000円/t		14円/kg	

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

参考：山口県森林企画課に電話ヒアリングを行ったところ、以下の回答が得られた。

- ①山口県では竹に対しては、補助は行っていない。
- ②森林経営計画の施業計画に竹林を位置付けて、未利用材証明が取得できる仕組みづくりを行った。

5) 課題の整理

- 竹をバイオマスのマテリアルにもエネルギーにも利用する際、竹の性状そのものによる課題と社会環境による課題の2種類があり、それぞれから解決のアプローチを探ることが重要。

①竹の性状による課題

林業機械が使用できない。
⇒人手に頼らざるをえない。

伐採しても自重がないため、倒れない。
⇒搬出がコスト高になる。危険を伴う。

竹のチップ化で刃が摩耗しやすい。
⇒切り方の工夫。

②社会環境による課題

・高齢化の進展
⇒労働力の低下⇒集荷量の減少

・竹林（林地）境界／不在地主の問題
⇒作業道が通せない。
⇒作業効率の低下
⇒アクセスできる竹林の限界

参考：竹の集荷コスト（現状）

- ①搬出コスト：2万円/生t（木材が5～6,000円/t）
- ②竹の買取金額：7,500～7,700円/t

解決の方向性（案）

- ①森林環境税活用による自治体レベルでの林地境界の確定
- ②竹バイオマスの未利用材認定
（さらにFITでの「竹」枠の創設）
- ③バイオマスエネルギー利用の需要先を増やす。
- ④竹の伐採、搬送技術の効率化のための技術開発 等

(3) 竹のバイオマス発電利用に関する事例調査

1) 鹿児島県内のバイオマス発電所の現状 (1)

- 鹿児島県内の稼働中の2か所のバイオマス発電所、整備中の1か所、計画中の1か所の発電案件（いずれも直接燃焼発電）に対してバイオマス発電の現況と竹の投入可能性についてヒアリング調査を実施した。
- 発電事業の概要は下表のとおりである。

	M社	E社	P社	O社
発電事業者	M社	E社	P社	O社
運転状況	稼働中	稼働中	試運転中	計画中
設備容量	5.75MW	23.7MW	49.9MW	1.99MW
ボイラー形式	循環流動層ボイラー	階段式ストーカ炉（タクマ）	循環流動層ボイラー	デュアルスプレッダー+摺動ストーカ+逆送ストーカ炉（バーク利用の施策として）
使用燃料	未利用材、一般材	未利用材、一般材	地域材（間伐材）：1.2万t/年 PKS：20万t/年（75%） 木質ペレット（ベトナム産）：5.6万t/年	バーク：2万t/年（60%） 未利用材：15,000t/年（40%） 未利用材の枝葉2～3%
含水率	47～48%（実際） 35%（設計）	52%（設計）	未利用材：40% PKS:15-20% ペレット：10%	チップ：40% バーク：40%
稼働日数	326日（昨年） 330日（計画）	346日（昨年）	試運転中	340日（計画）
発電効率			運転開始前のため計算できていない。	21%（計画）
所内動力		内部消費電力：約発電量の1割	12～13%の所内電力を見込む。	15.4%（計画）
冷却用水	井水 800t/日	河川取水	工業用水 約4,000t/日	井水80t/日
EPC	住友重機械工業	自社設計	IHI	日本コムシス
稼働状況	運転中	運転中	試運転中	計画中（プレス発表あり）
備考	雷被害が多い			所内単独運転可能（落雷対策）

1) 鹿児島県内のバイオマス発電所の現状 (2)

- 現状の原料の受け入れ等についてのヒアリング結果を下表に示す。

	M社	E社	P社	O社
原料の受け入れ単価	未利用材原木：7,000円/t	チップ：11,000円/t	未利用材：7,000～8,000円/t	未利用材：7,000円/t (広葉樹：5,000円/t) バーク：1,000円/t
原料受け入れ体制	<ul style="list-style-type: none"> 森林組合や素材生産者59事業所と協定書を結び、そこから調達している。 	<ul style="list-style-type: none"> 協力してくれるチップ工場から受け入れ 	<ul style="list-style-type: none"> 未利用材：出資者であるS社が鹿児島県全域から集荷する。 	<ul style="list-style-type: none"> 森林組合や素材生産者40事業所と協定書を結び、燃料供給のための南薩木質資源供給協議会が11月5日に初会合が開催された。
原料の集荷範囲	<ul style="list-style-type: none"> 鹿児島県／宮崎県／熊本県 	<ul style="list-style-type: none"> 鹿児島県内を中心とするチップ工場のネットワークを活用。 	<ul style="list-style-type: none"> PKS：複数商社を經由してインドネシア、マレーシアから調達（1万tクラスの船を月に2～3隻仕立てる） ペレット：ベトナムから調達（5～6千t×10隻） 地域材：県内全域から収集。 	<ul style="list-style-type: none"> 鹿児島県／宮崎県／熊本県 バークを原木市場、森林組合から収集。 未利用材は、薩摩半島の下部地域（鹿児島市以南）より収集。
原料サイズ	切削チップ：5～7cm	切削チップ：4～5cm	切削チップ：4～5cm	切削チップ：4～5cm 裁断バーク：1cm
運送コスト	50～60km：1,500～1,700円/t 80km：戻り便を活用。	1,000円/t		<ul style="list-style-type: none"> バークの集荷には戻り便を活用。 本来は、1t当たり5,000円の運送コストが必要。
行政支援	<ul style="list-style-type: none"> 霧島市の補助： 未利用材：1,000円/t 一般材：500円/t 立地の支援 			<ul style="list-style-type: none"> 燃料会社の設備補助適用を計画
ストックヤードのサイズ	<ul style="list-style-type: none"> 6万tを貯蔵可能。 		<ul style="list-style-type: none"> 1万tを貯蔵している。 	<ul style="list-style-type: none"> 原木ヤード：15,000t
バークの利用	<ul style="list-style-type: none"> 1か月で1,200m³発生しており、のこ屑と混ぜて、牛の敷料で販売。（3,500円/m³） 			<ul style="list-style-type: none"> 20,000t/年（燃料として）

1) 鹿児島県内のバイオマス発電所の現状 (3)

- 各発電所における竹の投入可能性、灰処理の状況に関する結果を示す。
- 現状の設計では、いずれの発電所も竹の燃料利用については、否定的な見解であった。

	M社	E社	P社	O社
竹の投入可能性	<ul style="list-style-type: none"> ● 未利用材を燃焼させるバイオマス発電所では、竹を燃焼させるために、塩素対策、クリンカ対策を打つ必要があり、配管を更新する費用を考えると、同じ発電所を設置する費用程度がかかる可能性がある。 ● 竹そのものを破砕することはできるが、空洞の大きさやチップの刃の消耗を考えると、経済性は厳しい。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 発電所で竹を燃やす場合は、最初からそのような前提で、耐塩素濃度を考慮した配管の素材を選ぶなどの設計が必要になる。 ● 初期コストのどのくらいの上昇になるかは、積算してみないとわからない。 	<ul style="list-style-type: none"> ● 現時点では、発電プラントが運転開始前（今年の7月から試運転調整中であり、順調に進めば11月に運転開始する予定）の状態であることから、竹のバイオマスエネルギー利用に関しては検討段階ではない。 ● 仮に竹の燃焼をする場合は材質・成分等におけるボイラー設計は考慮されていないため、設計は1から見直す必要がある。（配管や燃焼コントロール等をしないと竹の導入は現時点では不可） 	<ul style="list-style-type: none"> ● 竹はチップの刃の摩耗が早く、現在は検討していない。今後、ボイラーが安定運転できれば、検討する。 ● 性状とコストを確認したうえで、色々な材の試験燃焼を実施する。
灰処理	<ul style="list-style-type: none"> ● 年間300 t 発生。 		<ul style="list-style-type: none"> ● 造粒設備にて活用検討中。 	

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

2) 鹿児島県外の取り組み（直接燃焼タイプ）

- 鹿児島県外の直接燃焼の取り組みとして、豊後大野市の竹チップボイラーの取り組みと山口県のH社の取り組みにアプローチを試みた。
- H社担当者に現地調査を申し込んだが、電話ヒアリングのみの対応となった。

	豊後大野市 竹チップボイラー	H社からの回答
事業目的	竹のエネルギー利用のための試験、地域住民への啓発を目的として、足湯の熱源利用を実施。	竹専焼のバイオマス発電
設備規模	・最大発熱量：50,000kcal	2MW未満
初期費用	・当初環境省の補助金を予定していたが、地方創生拠点整備交付金（内閣府）を活用した。	・土地購入費用を含めて20億円以上（土地購入費用を外すと20億円を切る程度）
竹に対する取り組み	<ul style="list-style-type: none"> ・ 燃焼面積が大きくなるような燃焼形態になるよう工夫されており、燃焼による灰が殆ど出ない。 ・ 管理・運営についてはL社に委託している。 ・ メンテナンスについては半年に1回のペースで行いたいという考えであるが、現在は実証中のため明確に頻度が定まっている訳ではない。思ったほど故障はなく、比較的順調に稼働している。 ・ 稼働時間は9時～18時、足湯施設の利用時間は10時～17時である。 ・ トラブルシューティングを色々考えているが、当初想定の6個中1個該当する程度のレベルであった。今夏は乗り切ったが、冬はどうなるかは分からないとのことであった。 	・ 日本から竹を持ち込み、1週間×2回の燃焼試験を行った結果、問題は無いと考えている。
原料調達	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「ナガタニ振興協議会」という肥料をつくっている団体と市が元々繋がりを持っており、その付き合いをそのまま随意契約の形で調達を行っている（10円/kg）。 ・ 竹チップの大きさや含水率については試行錯誤しながらやっている状況。ある程度適した条件が見えてきており、協議会もそれに合わせている。竹を6～7名で伐採（チェーンソー）し、その場でチップ化（移動式チップパーを利用）している。 	不明

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

3) バイオマスガス化発電の可能性

- バイオマスガス化発電に取り組んだことのある2事業者について、ヒアリング調査を実施した。その概要を示す。
- 2社からは、技術的には、竹によるバイオマス発電は可能との回答が得られた。

	バイオマスエナジー社	フォレストエナジー社	
使用技術	・浮遊外熱式ガス化法	・WOODROLL (スウェーデン、CORTUS社) ・Syncraft (オーストリア、Syncraft社)	・Volter (フィンランド、 Volter 社)
ガス化方式	微粉碎したバイオマスを水性ガス化反応	粉碎⇒廃熱乾燥⇒熱分解⇒水性ガス化 反応	ダウンドラフト
ガス化のパッケージ	100kW 250kW	CORTUS : 2MW Syncraft : 400kW	Volter : 50KW
竹に対する取り組み／展開の 可能性の回答	<ul style="list-style-type: none"> ・ 竹に関しては、現段階では「ガス化発電は出来る」と判断している。 ・ 過去、宮津市（京都府）での竹を使ったガス化発電、メタノール合成の際に基本的な目処は立っていたが、連続運転や環境対策等が出来ていなかった。 ・ その後、連続稼働時間の伸長、クレンカ対策等の実機試験を継続し、課題は解決できている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ CORTUSの方が技術的に適している。 ・ 竹に対してバークもしくは、添加物（Ca系）を混ぜることで融点コントロールができる。 ・ オーストリア（シンクラフト）とスウェーデン（コルタス）にテストプラント（200kW）があり、熱分解のテスト（1週間の連続運転）を実施することが可能だが、まとまった竹チップを輸送する必要がある。 ・ また、ウッドチップについてはEUの規制（虫が入り込むのを防ぐため）があり、毎年12～3月しか日本から輸送できない。そのため、原木で輸送したこともある。竹は恐らく大丈夫ではないか。 ・ 新宮でシンクラフトが安定稼働した段階であれば、国内の竹を使った試験が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 竹そのものだけでは難しい。添加物（Ca系）を加えることで可能性はある。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

4) 前処理技術 日立製作所

- 竹を直接燃焼する際に発生する技術的な問題をクリアするために、日立製作所が竹の前処理技術を林野庁事業にて開発しており、アプローチを試みた。
- 鹿児島県内の直接燃焼を行うバイオマス発電所では、現状の設計のままでは竹の燃焼は無理であり、設計をゼロベースで行うか、影響の少ない前処理を実施した上で燃焼させることが求められる。このため、技術的には可能性があるものと期待されている。
- 今後の事業の方向性を検討するときの、一つの材料として同社から提供を受けた情報を活用する予定。

竹の燃料利用への課題と解決策

HITACHI
Inspire the Next

■ 竹を燃料とするためには、次の課題を解決する必要がある

- カリウムによる灰の軟化・熔融温度の低下 (680~900℃)
- 塩化物による高温腐食対策 (熔融塩+HCl腐食)
- ダイオキシシン発生を抑制

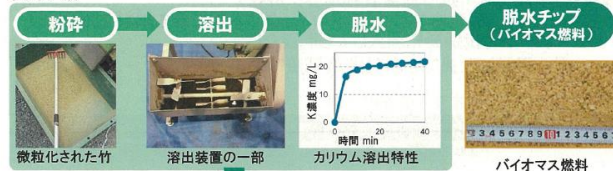
BESTERS

クリンカ・腐食・ダイオキシシン発生を抑制する
カリウム・塩素を低減する改質技術を開発

BESTERSシステムの改質フロー

HITACHI
Inspire the Next

改質手順



植物成長に利用

植物への効果

試験委託先:公益財団法人日本肥糧検定協会

項目	肥料成分濃度 (%)
カリウム(T-K2O)	0.91
リン酸(T-P2O2)	0.17
窒素(T-N)	0.10

溶出液に含有する肥料成分
アミノ酸肥料に関して確認中



溶出液による植物成長効果
(小松菜で比較)

- 育成としての効果を確認
 - ・1~2cm丈が高く成長
 - ・124~144%の生体重量
 - ・肥料切れによる変色無し
- 各種分析で有害物質の検出無し

© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved.

竹類の改質効果

HITACHI
Inspire the Next

- 日本に生息する代表的な孟宗竹、真竹、淡竹で枝葉も含めて改質できることを確認済み。(改質技術により、カリウムと塩素が低減)
- カリウム低減により、灰の軟化温度を木質チップと同等に改質、塩素も木質ペレット規格以下の濃度まで低減

各種竹の改質結果の一例と低軟化温度の一例

分析項目	単位	ベース	孟宗		真竹		淡竹		木質ペレット 品質区分B	判定値
			原料	改質	原料	改質	原料	改質		
総発熱量	kJ/kg	気乾	18,500	—	18,000	—	18,400	—	16,000-19,000	—
全水分	wt%	到着	39.2	—	47.9	—	34.0	—	>10	—
灰分	wt%	無水	3.7	—	3.6	—	3.9	—	3	—
Cl	wt%	無水	0.17	0.01	0.19	0.02	0.15	0.02	0.03≧	0.1>
K	wt%	無水	0.80	0.23	1.27	0.25	0.54	0.18	—	—
灰軟化温度	℃		800	1,400	760	1,270	920	1,400	1,100≦	1,100≦
灰熔融温度	℃		850	1,400	820	1,400	1,040	1,400		

© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 6

出所) 日立製作所公表資料

5) エネルギー利用以外の取り組み

- バイオマス発電以外の範囲で活用を図る組織として、竹イノベーション研究会、九州工業大学に対してヒアリング調査を行った。

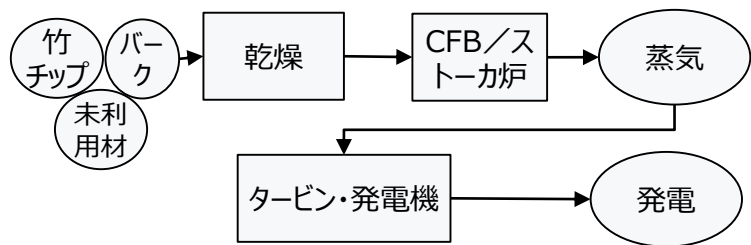
	竹イノベーション研究会	九州工業大学
活動の経緯	<ul style="list-style-type: none"> 福岡大学U教授が代表を務めており、もともと土木の地盤工学が専門であったところに、竹活用の相談があり、路盤材への活用やため池へのヘドロ除去への活用が研究の端緒であった。 現在、竹イノベーション研究会の本部と関東支部が設立され情報交換の場となっている。 	<ul style="list-style-type: none"> 竹に対して、<u>高温水蒸気（200～250℃）を当てることにより、ヘミセルロースを分解する技術</u>を中核として、その基礎研究、応用研究をこれまでに展開。 福岡県八女市での実証プラントの運用
主な取り組み	<ul style="list-style-type: none"> マテリアル利用に関する活動 エネルギー利用に関する活動 竹の切り出し体験や竹を活用した各種イベントの開催 	<ul style="list-style-type: none"> 竹酢液の製造と応用（従来の竹製品とは異なるもの） 竹酢液の抜けた材からを微粉碎してからのコンポジット製造（側溝の蓋、自動車部品等への応用）
得られた示唆、ヒント	<ul style="list-style-type: none"> 研究会の基本方針としては、竹の活用・普及、発展につながるビジネスネットワークの提供であり、パンフレットに竹の利活用技術と合わせて問合せ先も明記している。 利権の取り合いになると研究会が継続しないとの考えがあり、あくまでも<u>関心のある人同士を結び付けることがねらい</u>である。 	<ul style="list-style-type: none"> 竹のチップ化もノウハウがあって、実は今より切断も容易に出来る仕組みもある。 成分も地域によって違いがある。主に関西以北あたりから成分に違いがでる。 海外と日本では多軸型、単軸型との違いで成長にかなり差があり、土壌のヒ素やナトリウムはほとんど吸収しないことも分かっている。 竹の集成材で、側溝の蓋などへのコンポジット材料の応用も検討しているが、<u>製品化を進めるには、大手素材企業が関心を持つような仕組みが必要</u>。なかなかサプライチェーンを構築するのはハードルが高く、しかも相当量を確保することが求められる。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

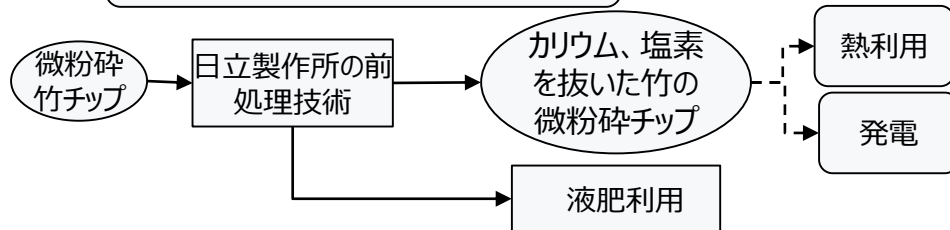
6) 竹をバイオマス発電で用いる際の方法論の整理

■ 各発電技術の事例調査を踏まえて、竹をバイオマス発電に用いる場合の方法論を次の4通りに整理した。

1. 大型の直接燃焼（混焼）を行う場合
(5MW、20MW、50MW)

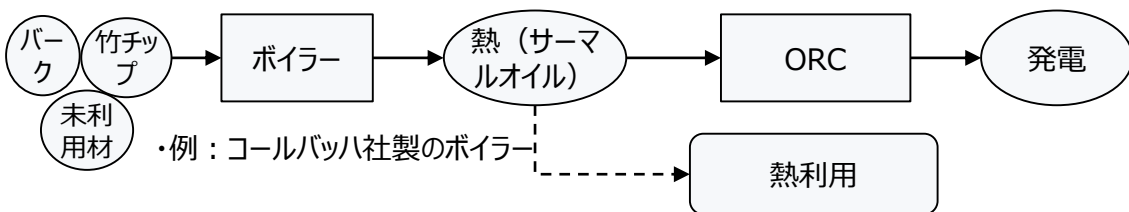


2. 小規模分散/地産地消型で竹100%を原料とする場合



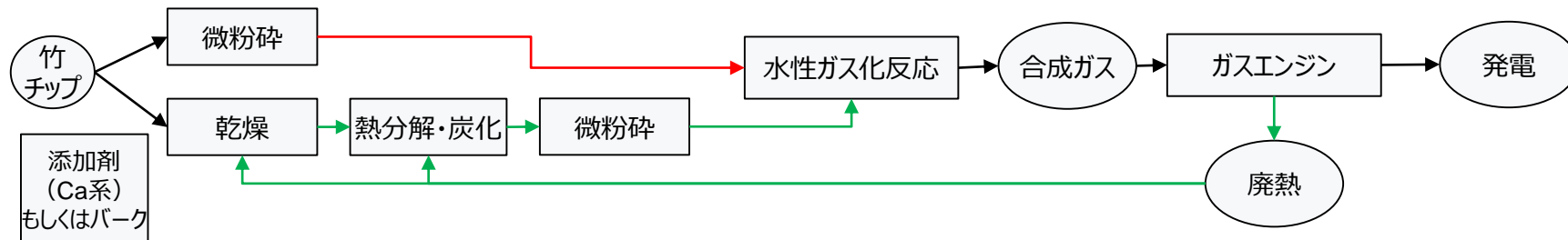
3. 小型の直接燃焼を行う場合
(2MW未満)

(例：南関町バンブーエナジー)



4. ガス化発電を行う場合
(2MW未満)

例：水性ガス化反応 上段赤線：バイオマスエナジー社 下段緑線：フォレストエナジー社 (CORTUS)



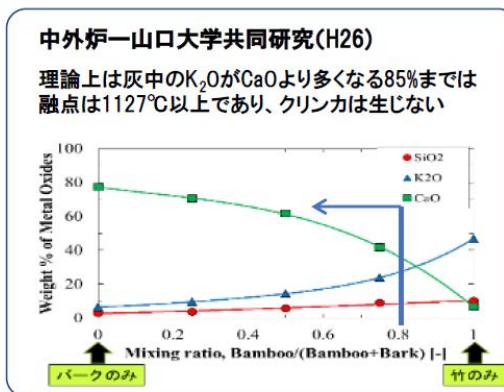
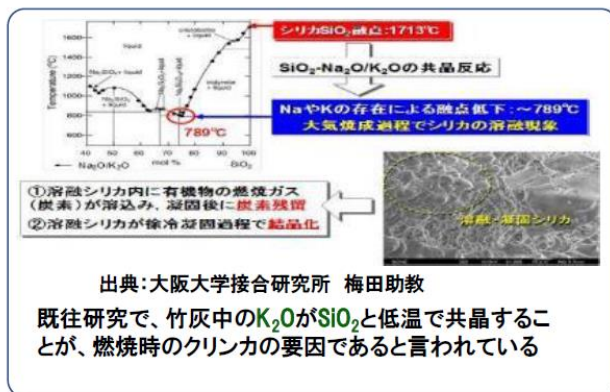
参考：バークと竹の混焼について

- バークと竹を燃焼させることにより、クリンカを発生させない効果に関しては、中外炉工業、大阪大学、山口大学の共同研究により、実証結果が報告されている。実験では、80%の竹の混焼率でもクリンカが発生しないとされている。

竹燃焼時のクリンカ対策



竹は燃焼時に灰が低温で熔融しクリンカを形成し、ボイラーの劣化など燃焼を困難にすることが一般に知られている。本事業性評価の中で竹とバークの混焼試験を行い、竹80:バーク20でもクリンカが発生しないことを確認できたことで、目標である竹30:バーク70をクリアできることがわかった。



・ 南関町での燃焼試験結果(竹混焼率30,50,80%)

		サイクロン回収飛灰			側壁付着物
竹混焼率	wt%	30	50	80	
軟化点	°C	1165	1220	1215	1160
融点	°C	1260	1250	1250	1190
溶流点	°C	1275	1255	1295	1215

試験設備の概要

- ・ 旋回燃焼炉
- ・ 処理量: 0.5t/h
- ・ 熱出力: 1,023kW

付着物の融点
基礎研究と同様の結果

出所) 「竹の可能性を創造するバンブーフロンティア構想」説明資料、平成29年11月5日

(4) 本県に導入する場合の技術的、体制的などの課題の整理

1) 竹の未利用材、一般材の扱い 山口県の事例

- 山口県は早くより先進的に竹の取組みを遂行しているため、県外からも多くの関係者が関心を寄せている状況である。地域森林計画、市町村森林整備計画の中で竹の取り扱いを展開するなど先進的に取り組んでいる。

<地域森林計画の中での竹取扱状況及び、市町村森林整備計画での竹の扱い方>

- 竹資源情報の把握、公開情報、解析結果は、「やまぐち森林資源情報公開システム」で公開している。また、データをタブレットでクラウド利用できる。

<資源循環利用、里山再生管理方針>

- 事業者による森林経営計画策定を推進しており、事業者、竹林所有者による、伐採後の適切な管理を推進している。

<竹の管理方針>

- 竹林資源として資源循環利用（エネルギー林、タケノコ生産体）
- 樹種転換し森林・里山として再生。（植林による樹種転換、天然更新による樹種転換）

- FIT発電利用に供する、竹の証明、竹の調達区分は、植林種類に応じて純竹林、侵入竹林に分け、伐採方法、経営計画の有無で未利用材と、一般木材に分類が分かれる。分類方法は、現在ガイドラインを準備して対応を検討中である。
- 森林経営計画は、実際に実施する第三者、例えば森林組合などが作成する。未利用材は市町村独自の証明になる。

1) 竹の未利用材、一般材の扱い（取り扱い条件の整理）

- 山口県庁の農林水産部に対するヒアリングを行った結果、下記のように、竹をバイオマス発電のための未利用材として認定できるような工夫を行っている。ただし、詳細は林野庁と交渉中のため、資料提供はいただけていない。
- 未利用材として扱われるか、一般材として扱われるかは、エネルギー事業を検討する上では大きな制約条件となる。現状のタケノコ栽培農家の取り組みで出される竹は、一般材に該当する。

竹林の種類	伐採方法	森林経営計画あり 事業者による伐採 ・国有林 ・保安林	森林経営計画なし 事業者による伐採
純竹林	主伐	未利用木材	一般木材
	間伐	—	—
侵入竹林	皆伐	未利用木材	一般木材
	除伐	未利用木材	未利用木材 県、もしくは、市町村による除伐の独自証明（現在、独自ガイドラインを調整中）

鹿児島県内の竹の集荷状況
○ タケノコ栽培農家の取り組みとして、竹が伐採されている。
△ 森林組合や林業者等が竹を伐採してもコストに見合わないために、森林内に取り残されている状況

↓
未利用材40円/kWh
(2MW未満)

↓
一般24円/kWh

出所) 山口県庁ヒアリングに基づきMRI作成

1) 竹の未利用材、一般材の扱い 三重県多気町の事例

- 三重県松阪市にあるO2社及びO1社に対して、ヒアリング調査を行ったところ、三重県の多気町で侵入竹林の被害が出始めており、町が独自のガイドラインを定めて、竹の集荷を行い始めている旨の情報を掴んだため、三重県多気町に詳細確認を行った。
- 「多気町木質バイオマス地域収材制度」ガイドラインが公開されており、収集する際の材の条件、W社での買取価格、多気町での補助額について記載があった。
- 多気町担当者に確認を行ったところ、竹に関しては、地域で柿やみかんの果樹剪定枝も多く発生することから、町としては一般材の扱いをしているとの回答結果が得られた。
- なお、多気町での集荷実績として、年間500tの集材が行われ、竹がそのうち半分を占め、残り半分を未利用材、一般材としての木質バイオマスが占めているとの状況であった。
- この他、詳細な仕様がガイドラインに定められている。
 - 長さ：4m以内
 - 形状：枝葉を落としたもの
 - 受け入れ期間：間伐材受け入れ期間（3/21～6/8、6/21～9/8、9/21～12/5、12/21～3/8）内に300kg以上の場合に補助対象となる。

表 多気町における木、竹の買取補助金額

	木	竹
F社の買取金額	2,500 (円/t)	1,500 (円/t)
多気町の補助金額	3,500 (円/t)	4,500 (円/t)
買取・町補助合計額	6,000 (円/t)	6,000 (円/t)

出所) 「多気町木質バイオマス地域収材制度」ガイドラインよりMRI作成

1) 竹の未利用材、一般材の扱い 林野庁 木質バイオマス証明ガイドラインQ&A (竹の取扱いについて)

- 平成30年1月19日に、林野庁の「発電利用に関する木質バイオマスの証明のためのガイドライン」に、「Q&A (竹の取扱いについて)」が更新されている。
(http://www.rinya.maff.go.jp/j/riyou/biomass/attach/pdf/hatudenriyou_guideline-5.pdf)
- 林野庁木材利用課にガイドラインの解釈や都道府県又は市町村の独自証明の状況について確認したところ、以下の回答が得られた。

○竹の木質バイオマス区分の具体的な考え方

木質バイオマス区分		伐採区分	侵入竹を含む森林	竹林
(1) 間伐材等由来の木質バイオマス	① 間伐材	除伐	林冠がうっ閉する前の森林における、スギ・ヒノキ等の目的樹種の健全な成長を図るための伐採(目的樹種の成長を阻害する竹等の除去)によるもの	—
		目的樹種の間伐	林冠がうっ閉し立木間の競争が生じ始めた森林における、スギ・ヒノキ等の目的樹種の健全な成長を図るための立木材積に係る伐採率が35%以下、かつ、伐採年度から起算しておおむね5年後において再びうっ閉することが確実であると認められる範囲内で行われる伐採(目的樹種の成長を阻害する竹等の除去)によるもの	—
	② ①以外の方法により伐採された木材	森林経営計画対象森林、保安林等、国有林野施業実施計画で伐採、生産されたもの (①①以外)	同左	
(2) 一般木質バイオマス(由来の証明が可能なもの)			(1)以外で、立竹の伐採によるもの	同左

→主伐

問2 竹の証明書は具体的にどのようなものになるのか

竹について、「証明の連鎖」の始まりとなる証明書は、以下の表のとおりです。

木質バイオマス区分		民有林			国有林
		普通林		保安林	
		森林経営計画	それ以外		
(1) 間伐材等由来の木質バイオマス	① 間伐材	森林経営計画認定書又は事後の伐採届	都道府県又は市町村の独自の証明書	保安林内立竹伐採許可決定通知書	森林管理署等との売買契約書
	② ①以外の方法により伐採された木材	森林経営計画認定書又は事後の伐採届	—	保安林内立竹伐採許可決定通知書	森林管理署等との売買契約書
(2) 一般木質バイオマス(由来の証明が可能なもの)		—	事業者等の独自の証明書	—	—

※屋敷敷林等森林以外から伐採した竹については、伐採を行う者または所有者自らが作成する証明書により、一般木質バイオマスの証明を行う。

- 林野庁は、各都道府県、市町村の独自証明書を把握する立場ではないが、安定的に竹を集荷して燃焼できているところが少ないため、将来の枠組みを用意したとの解釈。
- 独自証明書の枠組みを整備することはかなりの負担になるものと思われる。

1) 竹の未利用材、一般材の扱い 総括

- 2MW未満のバイオマス発電を目指す場合に、未利用材の認定を取得できることが、事業組成上不可欠であるのに対して、現状の竹の取扱いは、「一般材」が中心となっている（タケノコ農家からの竹）。
- 林野庁ガイドラインの中では、「侵入竹林」に該当するところの施業では、「間伐材等由来の木質バイオマス」に位置づけられることから、以下の方策を今後検討することが求められる。
 - 切り出し、搬出、運搬、チップ化とコスト高になる竹と除伐や間伐、主伐で出てくる杉、ヒノキ等を同時に集荷できるシステムの開発や方法論の整理
 - 森林経営計画のない私有林からの竹に対しては、独自証明を自治体が出すことにより、間伐材等由来の木質バイオマスの位置づけを取得できるので、そのプロセスを行政として進めていくべきと考えられる。

2) 竹の収集運搬方法の整理 鹿児島県内（再掲）

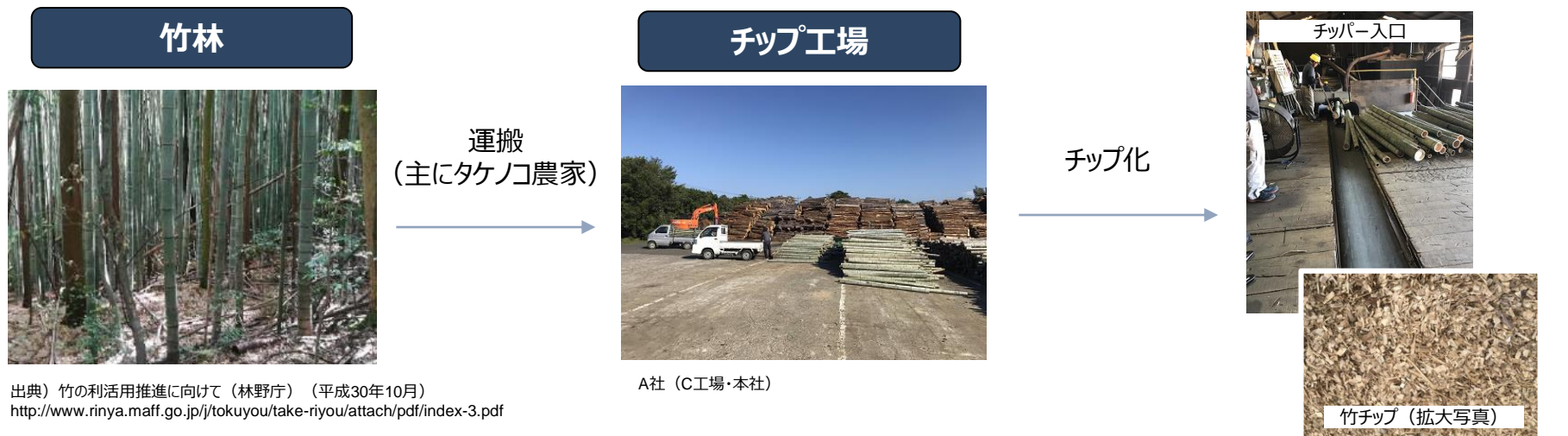
- E社と関係の強い、鹿児島県内の竹チップを生産している事業者に対してヒアリング調査を行った。その結果を下表に示す。

	A社	B社	C社
竹の集荷量	約3,000t (H29.7~H30.6) 約4,400t (H28.7~H29.6) <ul style="list-style-type: none"> • 多い時で約30t/日 (700kgの竹材を積んだ軽トラックが約50台入ってくる。) • 竹の入荷量は最近減少傾向 	約3,500t (当初は6,000t/年を想定) <ul style="list-style-type: none"> • 竹の入荷量は最近減少傾向 	約1,800(t) (2017.4~2018.3) 約1,600(t) (2016.4~2017.3) 約2,400(t) (2015.4~2016.3) <ul style="list-style-type: none"> • 竹の入荷量は最近減少傾向
竹の取り扱い開始	15~16年前	2011年1月	
集荷範囲	約20km圏内		始良市、霧島市、鹿児島市、熊本県 (限定的)
竹の登録者数	数百名	約500~600名	約400名
実際の搬入者数	<ul style="list-style-type: none"> • 竹のみで生計を立てているグループが2~3存在する。 • タケノコ生産者がよく搬入する。 	冬場120~130グループ 夏場には30~40グループ	120~130名
備考		<ul style="list-style-type: none"> • さつま町に代わって補助金事務を代行している。 	<ul style="list-style-type: none"> • 即日現金決済を行っている。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

2) 竹の収集運搬方法の整理 鹿児島県内

- 竹の収集から運搬にかけてのフローと主なヒアリング聴取内容は以下の通り。



<主なヒアリング聴取内容>

- 搬出量は1年の中でも波があり、春～夏にかけてはタケノの芽が出始める時期のため搬出量が少ない。秋～冬にかけてピーク。(E社)
- 竹が生えている土地の所有者が、土地の整備のために他者をお願いをして(場合によっては有償で)竹の伐採をしてもらっているケースあり (C社)。
- 竹が生えているところは傾斜地もあり、実際に高齢者が伐採作業をすることは大変な作業になるため、伐採し易いところ限定して刈り取られているのが現状 (C社)。

<主なヒアリング聴取内容>

- 竹材の搬入はほぼ毎日 (A社)。
- 軽トラックに積み込んで搬入(積み下ろし含む)をしている (A社)。
- どの竹林から伐採したかはわからないが、竹を伐採した人の住所がわかる (A社)。

<主なヒアリング聴取内容>

- 通常、昼一番で竹をチップ加工し、25tトラックが満杯になるとE社へ運び出す流れ (A社)。
- チップターの刃は木材と同じ刃を使用しており、竹をチップ加工することで若干刃が傷むが現状は交換をせずに(刃を研いで)木材のチップ加工に使用している (A社)。
- 竹を縦に割る移動式チップターを現場で活用して、コストを下げられる方法もあるかもしれない。 (B社)

2) 竹の収集運搬方法の整理 山口県の実証事業

<山口県からのヒアリング聴取内容>

- 竹搬出として、1車に竹材を潰して搭載すると約4.5tで、潰さない状況で約3.2t（約1.5倍の違いあり）である。
- 同様に6tダンプトラックで生材と、チップでの搭載量を比較したが、チップにした場合1.2倍程度にしかならなかった。もともと中空のため、チップ化しても減容効果は少ない。
- 実証実験で、竹費用は、8,000円/tで試したところ、軽トラック1台では0.35tなので、2,800円/台であるので、あまり取り組みの興味となる金額になっていない。売買目的の場合10,000円/t程度を希望する傾向がある。
- 平成27年竹チップ調査実績では、生産性が1.2 t ~4.7 t /日とばらつきがあり、生産コストは1.4万円~5.0万円/tとなる。
- 竹の運搬は、基本は下に落として収集運搬するので、集材に布製シューターを用いてみたが、あまりうまくいかなかった。

- 山口県庁から提供いただいた資料からは、①竹の資源量の回帰曲線、②竹チップの生産コスト分析結果、③竹林条件と現場条件によりコスト分布、④将来的な生産コストの期待感（条件がそろえば、14,000円⇒10,000円への実現可能性）に関するデータ等を受領した。（次項参照）

2) 竹の収集運搬方法の整理 山口県の実証事業

2 竹の資源量は？ 竹と竹林の資源量計算方法

■ 竹一本の資源量推定式

- 竹の胸高直径を計れば、資源量がわかる

モウソウチク	乾重量(kg) = 0.1618 × 胸高直径(cm) ^{1.9689} R ² = 0.9054
マダケ	乾重量(kg) = 0.1472 × 胸高直径(cm) ^{2.1136} R ² = 0.9535

モウソウチク賦存量推定 マダケ賦存量推定

■ 竹林の資源量推定式

- 竹林の平均胸高直径、ha本数、含水率、面積がわかれば、竹林の資源量がわかる。

モウソウチク林賦存量 = ((0.1618 × 胸高直径^{1.9689}) ÷ 1000) × ha本数 × (1 + (含水率 ÷ 100)) × 面積

4 竹をどうやって出すか？ コスト分析～結果～

- 実証試験報告書については、山口県森林企画課ホームページで公表
<http://www.pref.yamaguchi.lg.jp/cmsdata/d/3/a/d3a09ae7da3ee293f74fefbd36027a52.pdf>

■ 竹林件数、伐採面積、供給量実績

年度	事業地数	総伐採面積	総供給量
平成25年度	3	1.28ha	61.1t
平成26年度	12	7.20ha	923.9t
平成27年度	24	10.13ha	1,572.4t
合計	39	18.61ha	2,557.4t

■ H27年度 竹チップ生産コスト

作業システム	生産性 (t/日)	生産コスト(円/t)
竹林オンサイト・チップ化システム	1.2~4.7	14,733~31,084
拠点集積・チップ化システム	1.1~4.7	16,481~50,020
県民税事業地集荷システム	1.5~3.8	21,541~43,931

※事業地毎に開始から終了・撤収まで、日報をベースに事業体の実費から算出

4 竹をどうやって出すか？ 考察～生産コスト要因の解析～

■ 実証試験での生産コスト分布

- 生産コスト要因分類の「現場作業」と「竹林距離」の2軸とした各事業体の代表試験おける生産コストの分布を整理した。

4 竹をどうやって出すか？ 考察～コストシミュレーション～

■ 生産コストシミュレーション結果

- 生産コスト要因の条件が揃えば、10,000円/tの実現も可能と推測

分類	要素	条件
竹林条件	1. 1mあたり材積	大
	2. haあたり本数	大
	3. 竹の侵入割合	低竹林
	4. 経路	大
現場作業	5. 林道・作業道までの距離	隣接
	6. 林道・作業道・土場の広さ	広
運搬距離	7. 集材(上回・下回)の方式	下回
	8. 材の作業場の小運搬	無
現場人材	9. 労務費	無
	10. チップ化設備・耐久性	良
現場人材	11. バックホウの機械化	有
	12. トラックの大きさ	4トントラック以上
	13. 竹林からの距離	近
	14. 作業員の熟練度	高
現場人材	15. 作業員の資金準備	低
	16. 作業班長の経験力	高

出所) 山口県公表資料

3) 竹の前処理技術の現状

- 日立製作所、山口県庁、九州工業大学へのヒアリングを通じて、得られた竹の性状や生育に関する知見は以下の通りであった。

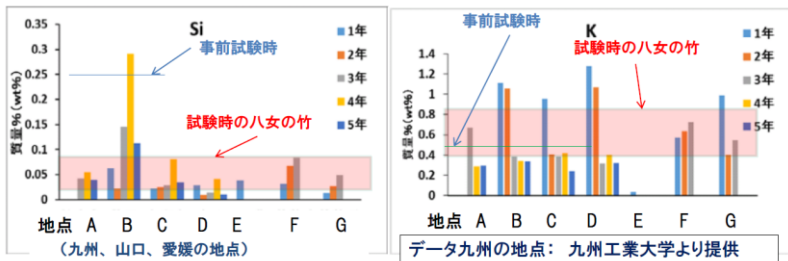
	カテゴリ	知見、主なコメント
日立製作所	放置竹林の課題	<ul style="list-style-type: none"> ● 竹の持ち込みに関しては、枝葉を取り除くのが手間になるが、<u>枝葉も含めて改質可能なことを確認済み</u>である。
九州工業大学／日立製作所	竹の性状	<ul style="list-style-type: none"> ● 竹の成分に関しては、場所場所によって異なる。近畿地方の竹、山陰地方の竹、福岡の竹、鹿児島竹は成分が異なる。 ● 日本の竹と海外の竹は空隙率が異なり、海外の方がバイオマス素材としては量が確保できる。(バイオマスの燃焼試験で竹を経験した場合でも、どこの竹を扱ったか、その試験期間がポイントとなる。)
山口県庁／九州工業大学	森林簿と現実の乖離	<ul style="list-style-type: none"> ● 森林簿の内容と実際の森林の状況を突き合わせると2割～3割の乖離が出てくる。 ● 実際の栽培面積と地積面積に差異があり、正確に把握することが必要である。 ● 八女市はすでに完了した。公称1,300haに対して、2,000haの竹林があった。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

3) 竹の前処理技術の現状

- 日立製作所、九州工業大学に対するヒアリング結果から、竹の生育地域と年数により、k (カリウム) の含有率、Si (ケイ素) の含有率が異なること、また、経年変化によりカリウムの含有率が低減していく旨の情報提供をいただいた。

2. 昨年の実績(2)



灰の温度を左右するケイ素とカリウムの含有量は地域と年代でことなることが判った。
 特に九州方面の竹はケイ素が少なく 改質が厳しい性状と云えます。
 管理竹林より出る3-5年の竹に比べ 1-2年の竹はカリウム含有量が高いことが判った。
 放置竹林を全伐採する場合 次年度は全て1年目のやけとなりこの条件で改質を確認する必要があり本年度確認した。

© Hitachi, Ltd. 2017. All rights reserved. 8

出所) 日立製作所、平成28年度 木質バイオマス加工・利用システム開発事業 発表資料

出所) 日立製作所、2018年、地域活性化シンポジウム発表資料より

放置竹林の問題



竹は広葉樹ではない、戦後植林された杉・檜(ヒノキ)と竹だけになれば山からの豊かな恵みが無くなる。(堆肥・植物性プランクトン供給極少)



竹のミネラル成分は落葉させず 新たな筍に供給し 急速な成長を続ける。
 山の恵みを独り占め!

© Hitachi, Ltd. 2018. All rights reserved. 4

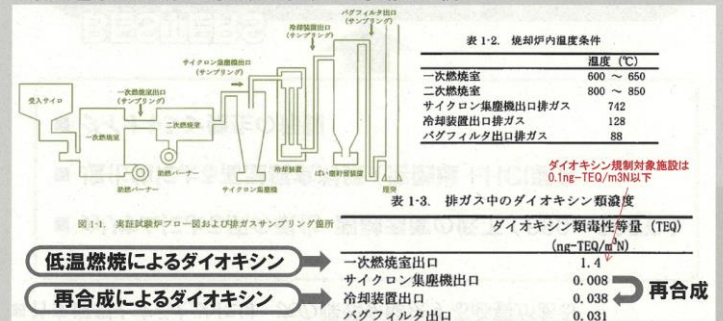
なぜBESTERSが必要か?

未利用材の課題: 塩素の影響 (ダイオキシン発生)



- 竹の灰軟化温度以下で燃焼させると多量のダイオキシンが発生
 また、高温で燃焼させても300℃以下で再合成(竹の塩素0.1~0.5%)

木材に塩素0.1%添加時のダイオキシン挙動の一例*1



竹をそのまま燃焼させる場合、バイオマスボイラーはダイオキシン規制対象では無いが、少なくとも住民への説明、同意は必要と判断される。
 一般的に住民との協定値は法律の1/10が多い
 その場合 自主規制地は0.01ng-TEQ/m³N以下となる。

*1 出典: 国立研究開発法人森林総合研究所, H15年度研究成果報告選集

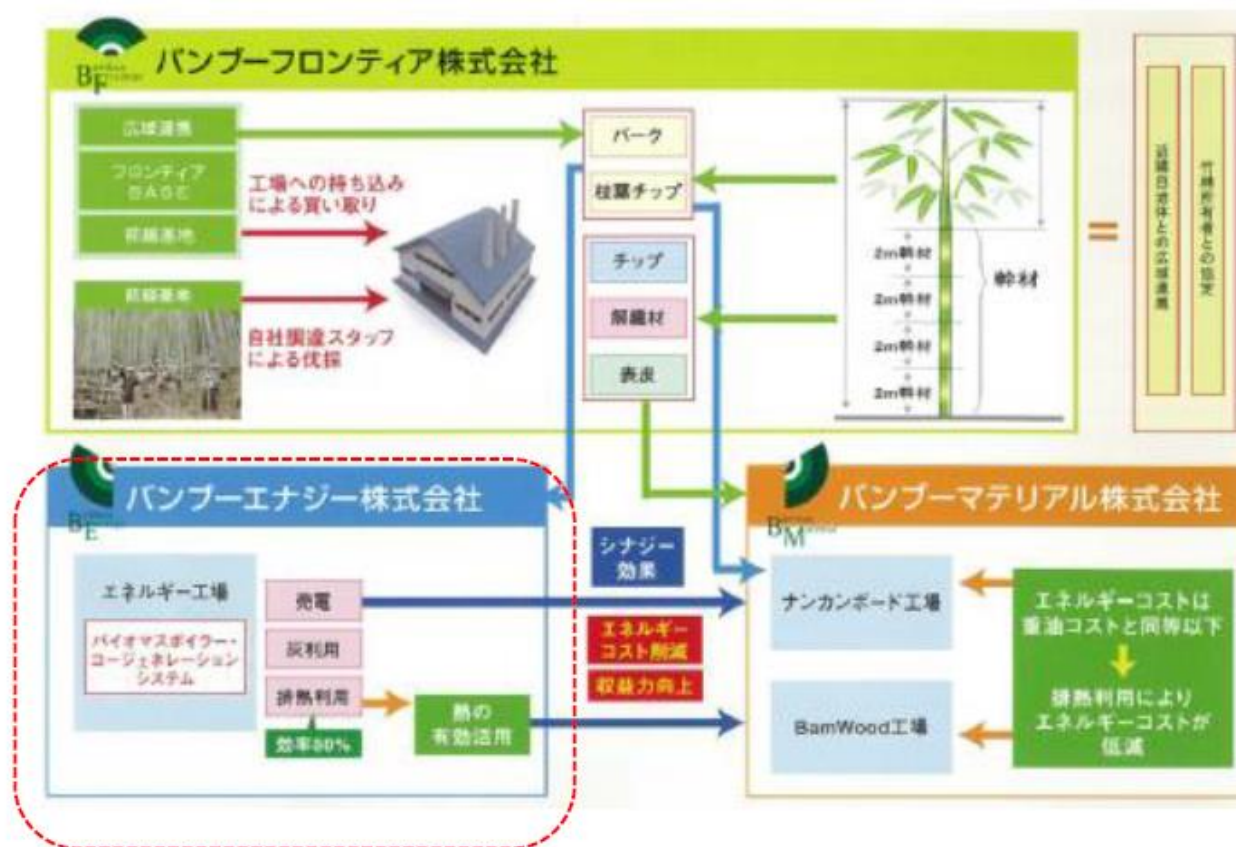
© Hitachi, Ltd. 2018. All rights reserved. 10

3) 竹の前処理技術の現状 日立製作所の技術開発の現状

- 竹をそのまま直接燃焼させる場合に、発生する課題として、①カリウムを多く含むことに起因する灰溶融の問題、②塩素を多く含むことによる水管の腐食の発生、③塩素に起因する低温燃焼時のダイオキシン発生の問題があり、日立製作所ではこれらの課題に対応するため、竹から、塩素、カリウムを水に浸してそれらの成分を溶脱する技術を開発している。
- 同社の関心や今後の方向性を確認したところ、以下の回答が得られた。
 - 枝葉を含めて竹林内でチップ化して、更に輸送コストを考慮すると、概ね半径10km圏内から集荷することで、放置竹林の問題の解決につなげたい（幹部分の集荷よりもインセンティブが向上することを期待）。
 - 大規模な設備の導入は当面考えておらず、来年度以降、技術実証をとある地域で準備中。
 - 溶出液にカリウムが多く含まれることから、液肥としての利用を検討中。
 - 同社のプロセスを経た竹チップであれば、通常の直接燃焼タイプのボイラーに投入しても上記で懸念される課題はクリアしているので、地域での小規模分散型の発電や施設園芸等の熱利用等に貢献したい。
- 同社の技術に関しては、今後の技術開発やコストダウンの動向を確認していく必要がある。

4) ORCの現状、留意すべき事項（バンブーエネルギー株式会社）

- 熊本県玉名郡南関町ゆめ竹バレー構想概要
- バンブーフロンティア株式会社、バンブーマテリアル株式会社とバンブーエネルギー株式会社の3社で、それぞれの長所を生かした事業を取り組んでいる
- 中外炉の協力でNEDOの予算を使用し、プラントの導入を行った。使えない廃材を熱もしくは電気エネルギーに変えることができ、エネルギーコストの削減にもつながる。



出所：地域経済活性化支援機構プレスリリース資料

4) ORCの現状、留意すべき事項 (バンブーエナジー株式会社)

- 得られた知見は以下の通りである。

カテゴリ	ORCの現状 (バンブーエナジーの取り組み)
<p>バイオマスのハンドリングに関して得られた知見</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 今は竹は混ぜていない。スギチップ1にバーク4くらいの比率で燃やしている（試運転段階のため）。 • ファイナルアチーブメントで竹は少し入れてみるが、最初は怖いので入れていない。バークはふんだんにある。竹は燃焼させるのにお金がかかる。様子見ながらという形ですすめている。バークについては、土や石の混ざる土場バークになる。かなり酷いものが来るものと思っていただいてよい。 • 現在、杉チップ：バークを1:4で投入している。これを竹チップに置き換え、NEDOとの約束で3割まで投入することになっている。来年は半分程度まで投入できればと考えている。 • →バークは基本スギのものになる。周辺の5～6の森林組合から、ほぼ無料に近い金額で受け取っている。彼らにしてみれば処分に困っている。3～4年分はある。輸送賃分だけ払っている。本来は産廃だが、それを有効活用している。 • バイオマスボイラは基本オーストリアが先端を進んでいる。主にみられるものは、ポリテック社とコールバツハ社の2つがある。ORCと言えばイタリアのターボデンが多い。ターボデンは三菱重工傘下である。 • バイオマスボイラの構成としては、基本は全て同じであり、ボイラー部に何を設置するか（温水か蒸気）の違いのみである。 • <u>バークが混ざるために、一般的なスクリュウは使えない。</u> • <u>バークの繊維が引っかかるため、ベルトコンベアも使えない。（粉碎すれば別）</u> • <u>1本の原木の15%くらいがバークに相当する。土場に7%くらい落ちる（森林組合より）という報告がある。</u> • 欧州のボイラーやガス化炉は基本無人運転ができています。 • <u>長尺燃料切断ユニットについて、通常のバイオマスボイラでは、<u>燃焼調整と原料の投入トラブル防止のための管理作業を行っているが、コールバツハ社製は、投入トラブルがない。</u>これが最大の特徴（人がいらぬ）になる。</u> • <u>含水率の高いウェットなものは燃えない。燃焼炉の中ではじめは乾燥し、含水率が下がった時に燃える。燃焼に要する時間は、全体で1時間あまりである。炉の形状に特徴があり、奥から灰化の部分、真ん中に燃焼部分、手前側に乾燥部分の3つに分かれる。燃焼効率は85%になる。</u> • <u>ボイラーの良しあしの判断として、灰の色を見るとその性能が分かる。トラベリングストーカーは最後まで燃やしきれず、炭の状態が出てくる。灰が黒いと燃えきっていない状態になる。コールバツハは燃焼率が高いため、灰の色がきれいになる。</u>

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

4) ORCの現状、留意すべき事項（バンブーエナジー株式会社）

- 得られた知見は以下の通りである。

カテゴリ	ORCの現状（バンブーエナジーの取り組み）
ORCに関して得られた知見	<ul style="list-style-type: none"> • ORCはシンプルだが、よくできている。あくまでもCHPでバイオマス熱供給設備の位置づけ。 • <u>日本は電事法をクリアするのが難しい。EUで導入する場合に比べて、電事法をクリアするための設備に1.5倍の初期コストがかかった。</u> • ORCについて、正確に言うと蒸気や水蒸気を作るボイラーではなく、実際はサーマルオイルヒーターの位置づけである。蒸発器については、300℃で入って（廃熱）260℃で出る（廃熱）。凝縮器については、60℃で入って（冷却水）80℃で出る（冷却水）。これらの温度帯をうまく活用することがポイントである。 • 通常のBTGの冷却塔温排水は、42℃で出て32℃で戻ってくる。 • ORCについては、基本ターボデンが多い。小粒なものでアクセスエナジーのものがある。使う材料や目的によりシュミット製のボイラーとORCを組み合わせることもある。 • バイナリー発電は殆どが代替フロンが媒体として使われる。温度差が大きい（ΔTが大きい）と効率が良い。 • ターボデンでは、シリコンオイルが媒体として使われる。シリコンオイルは水より重い。第4類第1石油類（燃える）という点が欠点であり、消防法の対策が求められた。<u>空気を入れて薄めて燃えません、という対応をしている。分子量が162であり、このため、水蒸気を媒体に使用するものと比べるとタービンプレードが2列で済む。</u> • アンモニアは危険でどこも使用していない。 • ターボデンORCの利点：部分負荷率が高い。<u>蒸気タービンの出力を半減させると効率は急激に下がるが（ほぼ線形）、ORCの場合は、急激に下がらず、最低負荷10%まで連続運転できる。</u>例えば、400kWで92%の効率であるものが、出力を55%に落としても、効率は82~83%にとどまる。 • 竹バイオマスの課題は、以下の2点である。 <ul style="list-style-type: none"> ○ クリンカ、フライアッシュ（熱交換器にくっつきやすくなる）が発生すること。 ○ 塩素腐食（タクマも住重も竹を拒む）が発生すること。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

4) ORCの現状、留意すべき事項（バンブーエナジー株式会社）

■ 留意すべき事項（電気事業法）

- 電気事業法にORC発電の位置づけがないため、サーマルオイルボイラーも含め、蒸気タービン、及び発電用ボイラーという位置づけで法に準ずる必要がある。

<ハード対応>

- 日本の電気事業法に合わせた設備設計が必要。
- 国産でバイオマスを熱源としたサーマルオイルボイラーとORC発電ユニットで実績を有する技術がない。一方、欧州には実績ある技術、設備が豊富に存在。
- 海外技術の導入にあたって、日本の電気事業法に規定されている「技術基準」に適合した設備の設計、政策が義務付けられている。（使用材用（JIS or ASME）、強度計算法、安全措置、監視計器、溶接施工法、溶接技師が詳細に規定される。）

<ソフト対応>

- 欧州と異なり常時監視が必要である。
- 事業者検査の負担が大きい。

	ドイツ	日本
ボイラー・タービン主任技術者の選任	不要	発電出力1,000kW以上では必要
常時監視	不要 非常時に遠隔アラームでの通報によりオペレーターが駆け付けられる体制を整備	必要 3交代(4チーム)の人員体制が必要
メンテナンス	年に一度の定期検査	定期事業者検査の規程に準ずる ボイラー2年に一回、タービン4年に一回の分解点検を要する

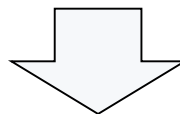
出所：ORCバイオマス発電技術とその適用 中外炉工業株式会社新規事業本部 笹内謙一 平成29年10月資料よりMRIにて作成

4) ORCの現状、留意すべき事項（バンブーエナジー株式会社）

■ 留意すべき事項（事業性の課題）

- 熱が主体となるので未利用バイオマスのメリットが出ない。
- 未利用バイオマスは高価で、40円/kWhで売れる電気とは違い、売熱価格には寄与しないため、40円FIT狙いには不向きである。
- インシャルコストが高い。
- ORCは大型のBTGと比較すると発電KW単価が高くなる。
- 熱電併給の熱が利用できれば事業性は向上するが、熱は運べないため、発電所で消費することが難しい。

普及のためには……



- 熱電併給のカスケードモデルを構築する（南関モデル）。
- ORC発電に電力買取価格のインセンティブをつける（50円/kWh）。
- 小規模バイオマスでは、熱電併給を義務化する方向性が考えられる。

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹の混焼結果

- バンブーエナジーおよびO2社に対し、竹の燃焼試験の実施有無、燃焼結果についてヒアリングを行った。

バンブーエナジー株式会社

【所在】
熊本県玉名郡南関町下坂下4668-6

【稼働予定日】
2019年3月予定

【発電規模】
995kW

【竹の受入形態】
竹チップ・丸竹（提携先が独自で収集、搬入は基本的に提携先）



バンブーエナジー発電所
(2019年2月撮影)

O2社

【所在】
三重県

【ボイラー形式】
N-500型自然循環式水管ボイラー

【発電規模】
1,990kW

【タービン方式】
抽気腹水タービン



出典) O2社
パンフレットより引用

＜竹の燃焼試験の実施状況＞

- 今は竹は混ぜていない。スギチップ1にバーク4くらいの比率で燃やしている（試運転段階のため）。
- ファイナルアチーブメントで竹は少し入れる予定。様子を見ながらという形ですすめている。
- 杉チップ：バークを1:4で投入している。これを竹チップに置き換え、NEDOとの約束で3割まで投入することにしていく。来年は半分程度まで投入する方針。

＜竹の燃焼試験の実施状況＞

- 隣にあるO1社の発電所にて、約6,000トン／月の燃料を使用しており、このうち1/3である約2,000トン竹にして、1か月燃焼させたことがある。
- 燃焼には問題なく、焼却灰や配管にも問題なかった。クリンカが発生することもなかった。
- ただし、1/3を1ヶ月間しか試験していないことに留意が必要で、期間が変わるとどうなるか分からない。

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹の混焼結果 (未利用材 / 一般材)

- 原料の扱いについては以下の通りである。

バンブーエナジー

- バークは基本スギのものになる。周辺の5～6の森林組合から、ほぼ無料に近い金額で受け取っている。彼らにしてみれば処分に困っている。3～4年分はある。輸送賃分だけ払っている。本来は産廃だが、それを有効活用している。



バーク集積場 (バンブーエナジー)
(2019年2月撮影)

O2社

- 使用する燃料は未利用 (バーク)、一般材、建設廃材などになる。
 - 未利用材、一般材、建設廃材の3種類で取得している。
 - 丸太についているもの、皮は未利用材として認定を受けている。
 - 林野庁に行き間伐材として認められた。バークも未利用材証明付きで40円として認められた。丸太の段階から未利用材証明がついている。
 - 別の市では一般材扱い。証明がなければ建築廃材扱いになる。
- 竹を未利用材で扱うためには、自治体の力が必須である。

【参考】多気町木質バイオマス地域集材制度について

- 間伐等による竹が受け入れ可能。
- 平成30年度買取単価は以下。

搬入された間伐材等はF社にて買取。これとは別に多気町から補助金が交付。

- | | |
|--|------------------------------|
| (1) 買取 (木) ...2,500 円/トン (2.5 円/k g) | ... F社が買取 |
| 買取 (竹) ...1,500 円/トン (1.5 円/k g) | ... F社が買取 |
| (2) 町補助金 (木) ...3,500 円/トン (3.5 円/k g) | ... 多気町が補助 |
| 町補助金 (竹) ...4,500 円/トン (4.5 円/k g) | ... 多気町が補助 |
| (3) 買取・町補助合計額... | (木・竹) 6,000 円/トン (6.0 円/k g) |

出典) 「多気町木質バイオマス地域集材制度」ガイドライン
<http://www.town.taki.mie.jp/cmsfiles/contents/0000001/1104/2.guidelineH30.pdf>

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹の混焼結果 (運用ノウハウなど)

- それぞれの発電所における運用ノウハウとして聴取した内容は以下の通りである。

バンブーエナジー

- バークが混ざるために、一般的なスクリューは使えない。
- バークの繊維が引っかかるため、ベルトコンベアも使えない。(粉碎すれば別)
- 1本の原木の15%くらいがバークに相当する。土場に7%くらい落ちる(森林組合より)という報告がある。
- 欧州のボイラーやガス化炉は基本無人運転ができています。
- 長尺燃料切断ユニットについて、通常のバイオマスボイラでは、燃焼調整と原料の投入トラブル防止のための管理作業を行っているが、コールバツハ社製は、投入トラブルがない。これが最大の特徴(人がいない)になる。
- 含水率の高いウェットなものは燃えない。燃焼炉の中ではじめは乾燥し、含水率が下がった時に燃える。燃焼に要する時間は、全体で1時間あまりである。炉の形状に特徴があり、奥から灰化の部分、真ん中に燃焼部分、手前側に乾燥部分の3つに分かれる。燃焼効率は85%になる。
- ボイラーの良し悪しの判断として、灰の色を見るとその性能が分かる。トラベリングストーカーは最後まで燃やしきれず、炭の状態が出てくる。灰が黒いと燃えきっていない状態になる。コールバツハは燃焼率が高いため、灰の色がきれいになる。

O2社

- 燃料の形状は、切削チップ、ピンチップ、バーク(破碎済み)の3形態。
- O1社は木材流通団地以外にも直接供給契約を交わしている。ただし、複数の供給元との取引になり管理が大変になる。O2社は管理の負荷低減のため、100%木材流通団地からの供給を受けることにした。
- 空冷式を選定した理由として、O1社は水冷式であった。水冷の方が冷却能力はあるが、空冷式であると水の使用量が減らせることがメリットとして挙げられる。空冷の場合は水の利用量が少なくて済む。バークは水分を含みやすい一方で、建築廃材は乾いており、投入すると含水率の調整に役立ち、燃焼が安定する。建廃は扱えるようにした方がいい。
- バークの上に建材廃材(乾燥)を覆う形で燃料を保管している。



バークの保管状況
(O2社)
(2019年2月撮影)

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹の混焼結果 (O1社の場合)

- O2社の発電所に隣接して、O1社の発電所があり、竹やバークを取り扱った経験についてヒアリング調査を実施した。得られた知見は以下の通りである。なお、同社は1か月間の竹1/3の割合で試験運転を行っている。

区分	O1社での取り組み
竹の燃焼に関する知見	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>竹の比率が上がるとバグフィルターで上手く機能しない。具体的には、バグフィルターの差圧が上がる。バグフィルターに対して、パルスを打っても戻りが悪くなっている（バグフィルターに衝撃を与えて灰を落とす仕組みである）。また、竹の灰の形状も異なる。竹に適したフィルターはあるかもしれないが、現在のフィルターは竹の専焼自体を目的とはしていない。</u>
バイオマスのハンドリングに関する知見	<ul style="list-style-type: none"> ● <u>燃料搬送経路はバーク仕様にしなないとすぐ止まる。三重県内のバイオマス発電所の搬送系は、タクマはスクリーコンベア無しであるのに対して、津のJFEエンジニアリングの発電所では、スクリーコンベアを有している（但し、異物に弱い）。一般に、スクリーコンベアは、バークが引っかかってしまい、弱い。</u> ● <u>バークに関しては原木市場だと、2～3m尺のものもあり得る。シャフト系があるものには絡まってしまう。シャフトレスのスクリーコンベアもある。木質チップ系ではあまり実績がないが、下水汚泥では使われている。木質チップでラインナップがあるのは富士興業だけであるが、ただし、輸入ものである。</u> ● <u>タクマの燃料搬送経路がバークに最も強い印象である。タクマのものは、カギ付きのコンベアを採用していて、ボイラー投入口でほぐす機構を備えている。（タクマが特許を保有）</u> ● <u>バークは含水率がバラバラであることと、マテリアルハンドリングでトラブルを起こさないためにどんな前処理が必要か、また、そのためのコストがあうかが課題となる。</u> ● <u>タクマから言われている竹の可能な混焼率は低い。詳細は不明であるが、日常的に竹が混じっていることは目視で分かる状況である。メーカーからは3%以下にしてほしいとの要請があったように記憶している。特に、排ガス（塩素系が強い）で腐食の心配をメーカーはしている。</u> ● <u>ダイオキシンについても燃焼温度でクリアしている。</u> ● <u>今のところ問題はなかったので、3%に拘る必要はないとは感じている。</u> ● <u>含水率だけでみれば木質よりも竹の方が乾いている。</u> ● <u>竹と木材が分かれていないため、混焼比率は把握できない。</u>

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹の混焼結果 (O1社の場合)

区分	O1社での取り組み
バイオマスのハンドリングに関する知見	<ul style="list-style-type: none"> ● バークのチップの形状を例えて表現するとモファモファしているという表現になる。 ● <u>ピッカーローラーが回っているが、バークチップが入ると一番狭くなったときに圧密になって、過負荷でピッカーローラーがトリップ（自動停止）する。ピッカーローラーを戻す作業が必要になる。</u> ● 現実的にきれいなバイオマスの混合攪拌は難しい。塊で分布してしまう。 ● F社でクレーンのワイヤーがきれそうになったこともあったと聞いている（運転をストップした）。 ● <u>チップ製造の時に混ぜてもらうか、バックホウやコンボがあれば混ぜるが、これをバイオマス発電所で所有しているところは殆どない（使用目的が異なり、林業側の機械になる）。</u>
クリンカの発生状況と対策	<ul style="list-style-type: none"> ● 現在、O1社では、<u>未利用、一般間伐材の比率を6：4</u>にしている。 ● 当初、<u>未利用材のみの発電所であったが、未利用材から一般材に広げるバイオマス発電所の例は少ない</u>と思う。 ● 特徴として、<u>開発現場での工事支障木や剪定枝などが多くなる。原料に土が含まれてくることから、炉内でクリンカは全くつかない状況になっている。</u>（サンドブラスターを使い、古い塗装を砂をぶつけて剥がすような状況になっているものと推測できる。 ● <u>未利用材を使用していた時の方がクリンカの付着量はすごかった（丸太の時は特に）。</u> ● <u>ボイラーの2次燃焼に空気を吸い込む必要があり、吸い込み口の箇所温度が下がり、空気が入る口にクリンカが形成される。</u> ● <u>一般材にしてからクリンカができなくなった。もしかしたら土を混ぜたらクリンカができないかもしれない。</u> ● <u>流動床では、熱媒体の砂と一緒に、土も一緒に舞い上がっており、必然的に灰も増えるが、土の粒子が炉壁に付着しているクリンカにぶつかっている可能性がある。</u> ● <u>ストーカー炉の場合は、炉壁につきそうなクリンカが灰と一緒に出てしまっている可能性がある。</u> ● <u>住友重機械工業のボイラーは循環流動層タイプであるが、O1社はタクマのバブリング流動層であり、2次流動層まで砂や土がいかない。</u> ● <u>比重の重たいもの（砂）は中に残る。流動層の差圧が上がって砂を抜かないといけない。灰や砂はでるが、クリンカはつかない。ただし、あまり土を入れすぎると、水管を痛める可能性がある。</u>

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹の混焼結果 (O1社の場合)

区分	O1社での取り組み
クリンカの発生状況と対策	<ul style="list-style-type: none"> ● 丸太だけにしたらまたクリンカがつくと思われる。 ● 対策方法として何かできるかもしれない。例えば、<u>定期点検の1か月、2か月前にわざと土を入れて、クリンカの成長具合を見ながら、クリンカを落とすタイミングを図る</u>などの方法が考えられる。 ● バイオマス発電所は、<u>技術のわかる人間がいて、いろいろと試さない</u>とダメである。色々試していけば、日本のバイオマスエネルギーの利活用の幅は広がっていくと思われる。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹の混焼結果 (V社での場合)

- 一般社団法人V社において、竹の燃焼試験を行っていることが判明し、電話・メール等により、詳細な状況の確認を行った。

区分	一般社団法人V社での取り組み
竹の燃焼試験の実績	<ul style="list-style-type: none"> ● 昨年度、竹の燃焼実験を合計 3 トン弱 (13 回程度) を行った。試験結果は問題が発生しなかった。 ● 燃焼温度をロガーにより記録しており、2 次燃焼室センサー位置 (ほぼ中心) で、650 度 - 790 度の間で安定燃焼していた。 ● 800 度を超えると、温度が上がりすぎで不安定燃焼になった。 ● また、燃料に枝が多く入ると、燃焼温度が低下し不安定になった。 ● 普通のチップの形状では一切問題がなかった。
クリンカの発生、腐食の発生	<ul style="list-style-type: none"> ● 使用しているボイラーはETA社の煙管ボイラーである。現時点での腐食は見られない。 ● 煙突についても (煙突腐食から症状は出る) 二重煙突の場合、腐食はない。一重煙突の場合、塩素 → 結露水 → 塩化水素 → 塩酸 という経路で簡単に腐食との他県報告事例がある。 ● 普通木質ボイラーの耐用年数は、20 年程度と見られるが、塩素含有量の多い竹を燃やすと数年で劣化するケースもある (メーカー意見)。 ● 燃焼温度が800度を超えると、クリンカが多く発生する。650-790度の間はクリンカが少なめで全く問題なく、灰も詰まらずに自動的に排出し灰箱に蓄積される。 ● 腐食がある場合、解決策は燃料の方で対応する。竹に含まれている塩素の濃度を0.07%以内にするしか方法はなく (この数字はETAのメーカー推奨値)、竹の伐採時期を「塩素が少ない時期」に伐採するという方法が一般的になる。
ETAボイラーのノウハウ、特徴	<ul style="list-style-type: none"> ● ETAボイラーには、ミスキャンサス (西洋すすき) 用の「排気再循環装置」があるのが特徴である。この装置は、排気を再度吸気の方に循環させて、燃焼温度が高くなならないような自動調整が行う装置で、排気再循環装置の無いボイラーでは危険なので竹は燃焼させないようにしている。 ● 混焼について、塩素濃度の問題は一般木質チップと混ぜて、塩素濃度を低めるという方法が素人考えではとれるかと思われる。残念ながら、混焼は爆燃 (爆発的な燃焼) の問題等が発生し、危険なので、勧めることはできない。これは竹と普通チップを充分均一に混ぜることができないことが原因であり、小型ボイラーは燃焼室も小さいので、燃料の混合の均一性が保てないと、大変危険である。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹、未利用材の混焼結果

- 竹と木質チップ、バークチップとの混焼割合について、既往の事例を整理した。
- 流動床では、1/3までの資源量を竹に変更してテストを行った報告や、10MWの発電所で5~8%分の混焼可能性を示した山口県の報告があり、3割程度を上限とした混焼可能性がある。

バイオマス発電所名(プラント名)	竹の使用量(t/y)	必要とされる年間使用原料(t)	使用技術	設備容量(kW)	混焼割合	備考
熊本県南関町 バンブーエナジー	竹： (現状杉チップを試運転で投入)	31,500(t)	コールパツハ社製ストーカー炉+ターボデンのORCユニット	発電出力：995kW 熱出力：4,051kW	将来的に30%	NEDO補助金によるため、FIT売電は行わない。
三重県 O1社	2,000(t/月) 原料の1/3を竹で ブラインド試験	未利用材、一般材 6,000(t/月)	タクマ バブリング流動層	発電出力： 5,800kW	33%(1か月のみ 試験運転)	1か月のみの燃焼。クリンカ、腐食は発生せず。
三重県 O2社		未利用材、一般材、 建設廃材 30,000(t) (未利用材バークがほとんどを占める。)	タクマ トラベリングストーカー炉	発電出力：2MW	0.5~1% (バーク100tのうち、 1t、500kgが竹に相当。)	明確な計量は行っていない。工事支障木等の一般材に入り込む。
(参考) 三重 県 W社	250(t/y) (現状チップ化がうまくできていない。 多気町の集荷量が約250t/年)	未利用材、一般材 75,000(t)	MHPS循環流動層ボイラー 多気町では、竹の集荷に意欲的であり、W社に全量提供しているが、燃焼できていない。この数値は、多気町で集めた竹が全量持ち込まれたと想定した数値になる。	発電出力：6.7MW	0.3% (想定試算値)	チップ化がうまく進展すれば、混焼される可能性あり。
山口県 Q社	936(t) (H26年度) 1,480(t) (H27年度)	一般材 100,000(t)	循環流動層ボイラー (JFEエンジニアリング)	発電出力：10MW	1.3%(H26年度) 1.7%(H27年度) 混焼集中期間のテストでは5~8%混焼可能との評価がある。	ボイラーへの通風障害、クリンカ成長は認められなかった。

出所) ヒアリング結果をもとにMRI作成

5) 直接燃焼発電でのバーク、竹、未利用材の混焼結果 総括

- 現地ヒアリング、文献調査結果からは、一般材を使用しているバイオマス発電所で、一般材に位置づけられる工事支障木等が燃料として使われる場合に、「竹」が数%混入することがある。
- 一般材を使用しているバイオマス発電所では、材に土がつくことがある。流動砂と原料がバブリングして燃焼するボイラー形式（流動層タイプ）の場合、未利用材のみを燃焼させている場合のクリンカ成長量と比べて、クリンカ成長が抑制されたという報告があり、土の粒子がクリンカ層を壊している可能性がある。
 - 未利用材のみを専焼している発電所よりは、一般材も混ぜて燃焼している発電所の方が、ストーカー炉よりも流動層タイプのものの方がクリンカの抑制に強い可能性がある。
 - 一方、土も混入することから灰が増える、水管そのものを痛める可能性もあり、慎重な運転が求められる。
 - まとまった竹の量を一か月以上、燃焼させることは難しい可能性もあるので、定期点検の2か月前の期間を利用して、竹の混焼割合を高める方法も考えられる。
- ボイラーの設計、使用する燃料の構成や性状、周辺の原料の入手具合を考慮しながら、一般の木質チップを使用する通常のバイオマス発電所での混焼を行う場合には、以下の数値が目安になると考えられる。
 - 循環流動層ボイラーの場合：10%程度（O1社の1か月限定33%の1/3未満、山口県岩国市のQ社の実績をやや上回る程度。）
 - ストーカー炉の場合：3%以下（ボイラーメーカーの言及する上限値）
 - バークを主な原料として混焼する場合：30%（バンブーエナジーの計画の通り、バークを扱うための搬送系が必要。）
- 小型ボイラーで竹のみを燃焼させる場合には、ETA社のボイラーのように排気再循環装置を付けたボイラーを使用する方法がある。また、小型ボイラーで混焼を行う場合は、竹とチップを均一な混合状態を作ることができなければ爆燃の可能性もあり、注意が必要になる。

- 現段階では、明確なボイラー形式と混焼の工夫に関するノウハウや知見について、明確な結論を出すことは難しいものの、対処できる可能性があることが分かった。
- ただし、小型ボイラーでの混焼は危険性があることに留意する必要がある。
- 各地域の取り組みを把握しながら、今後の動向を見据えていくことが必要であると思われる。

6) ガス化発電での留意事項

- 竹、バークを原料とするバイオマスのごガス化については、まだ運用できているプラントがないため、想定する留意事項を整理する。

プロセス別の段階	留意事項	対策例
前処理	◆ ガス化炉投入前の含水率を10%程度まで下げる必要がある。(バーク単体は含水率が40~60%に変動する。)	◆ ガスエンジンの排熱を利用した乾燥機を導入する。 ◆ 低質材の排熱で、乾燥状態を作る。良質燃料の含水率を下げる。
	◆ ダウンドラフトのごガス化の場合、原料のサイズを均一にする必要がある。また、空気の気道を確保できるチップサイズを選択する。	◆ 設計書、ガス化炉の確認。カスタマイズ可能かどうかなど。
	◆ 日本の樹種と欧州の樹種の違いがある。ペレットを製造してガス化を行う場合は、樹種の違い、ガス化炉の構造でタールが発生しやすくなる可能性がある(杉を使用する場合)。	◆ 徹底した原料分析とガス化炉本体での試行錯誤等
	◆ バーク等、低質材を扱う場合の搬送系の確認	◆ できるだけ引っかけられないようなツールを選択する。安定稼働している発電所の事例を研究する。
ガス化プロセス	◆ 水性ガス化反応の場合、バイオマスとぶつけるための高温水蒸気がバイオマス量と同じ規模必要となるために、高温水蒸気の製造に無理がないかどうか。	◆ ガスエンジンの排熱利用やもしくは別の熱源を利用できるなど、有利環境にあるかどうかを確認する。
	◆ タールの分解温度とクリンカの形成温度を考慮する必要がある。	◆ 竹のそのものの直接的な、かつ、安定的なガス化反応は難しいため、今後の処理技術の動向を見据える必要がある。
	◆ 水性ガス化反応の場合、どの段階で微粉砕を行うか、もしくは、行う必要がないかどうかを確認する。	◆ バイオマスの素材そのものを生の形で微粉砕するとコスト高になるため、炭化した直後に微粉砕する等の仕組みを確認する。
	◆ タールが液化しないように、温度制御をかけていく。	◆ 入口から出口までの各プロセスの段階を把握して、温度管理を行う。
メンテ体制	◆ 日本での導入実績の有無、スペアパーツの確保状況、トラブル発生時の連絡体制と緊急対応の手順を確認する。	◆ 故障時、トラブル時のメーカー側の体制を手厚くする。トラブルを起こさないように原料のコントロールを行う。

7) バイオマス発電からの排熱利用

■ 直接燃焼の冷却塔からの温排水の利用例

- 冷却塔からの温排水は、概ね42℃で取り出され、32℃で戻るケースが多い。グリーン発電大分では約33℃で取り出され、約27℃で戻る。
- この温度帯での利用例として、グリーン発電大分に隣接するビニルハウスでのいちご栽培の事例がある。

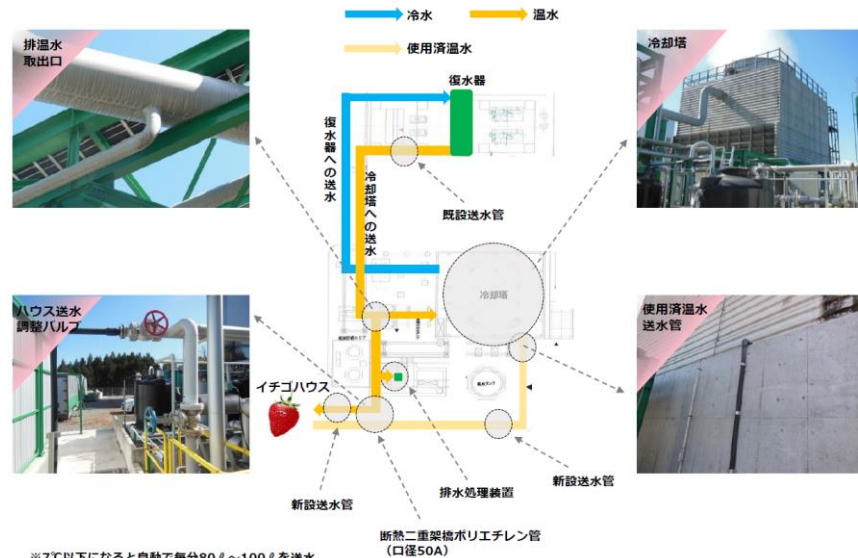


いちご生産事業者 概要

- 事業主体 株式会社ビヘクトファーム（大分県日田市）
- 事業開始 平成28年9月
- 総事業費 約25,000,000円（補助金＝総事業費のうち12,000,000円）
- 面積 イチゴ栽培ハウス4連棟 1,116㎡
イチゴ育苗ハウス2棟 280㎡
- 生産品目 紅ほっぺ（一日の寒暖差に強く降雪期にも収穫可能な品種）
（大分県農業試験場からの推奨品種）
- 温水供給期間 毎年11月上旬頃～3月下旬頃
- 温水温度 33℃前後
- 温水供給量 80～90リットル/分
- イチゴ栽培時期 植え付け時期→9月 収穫時期→11月～6月
- 栽培株数 約9,000株
- 収穫量 約6～7ton 約8百万～9百万円

排温水供給システム

System of supply.



出所) グリーン発電大分公表資料

7) バイオマス発電からの排熱利用 ガスエンジンからの排熱利用

- 国内のバイオマスガス化発電やメタン発酵発電で用いられるガスエンジンについて、幾つかの排熱利用の方法があり、それらを整理した。

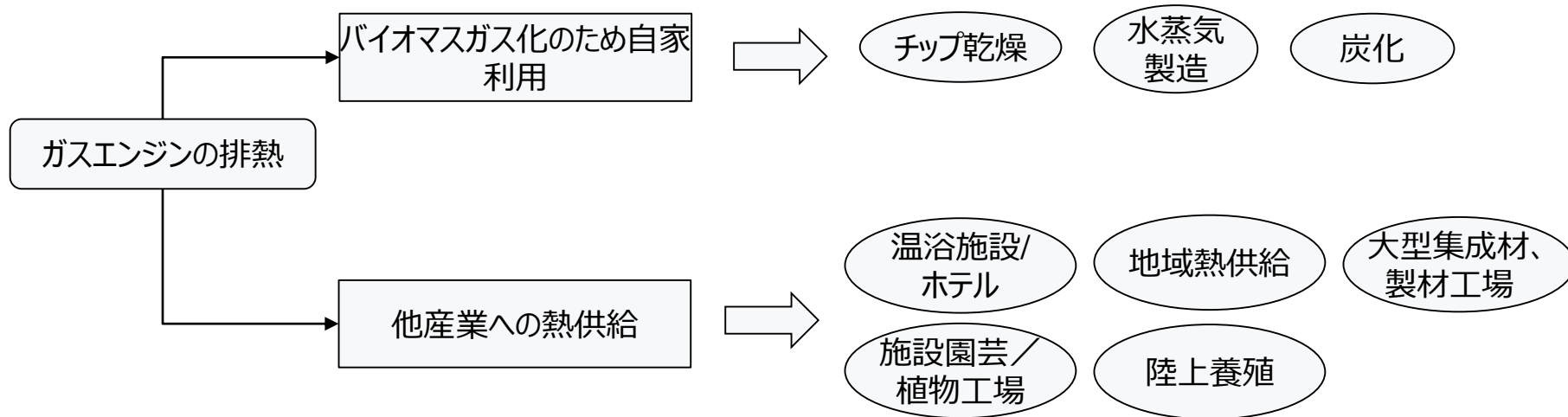


表 バイオマスガス化のガスエンジンからの排熱熱利用例

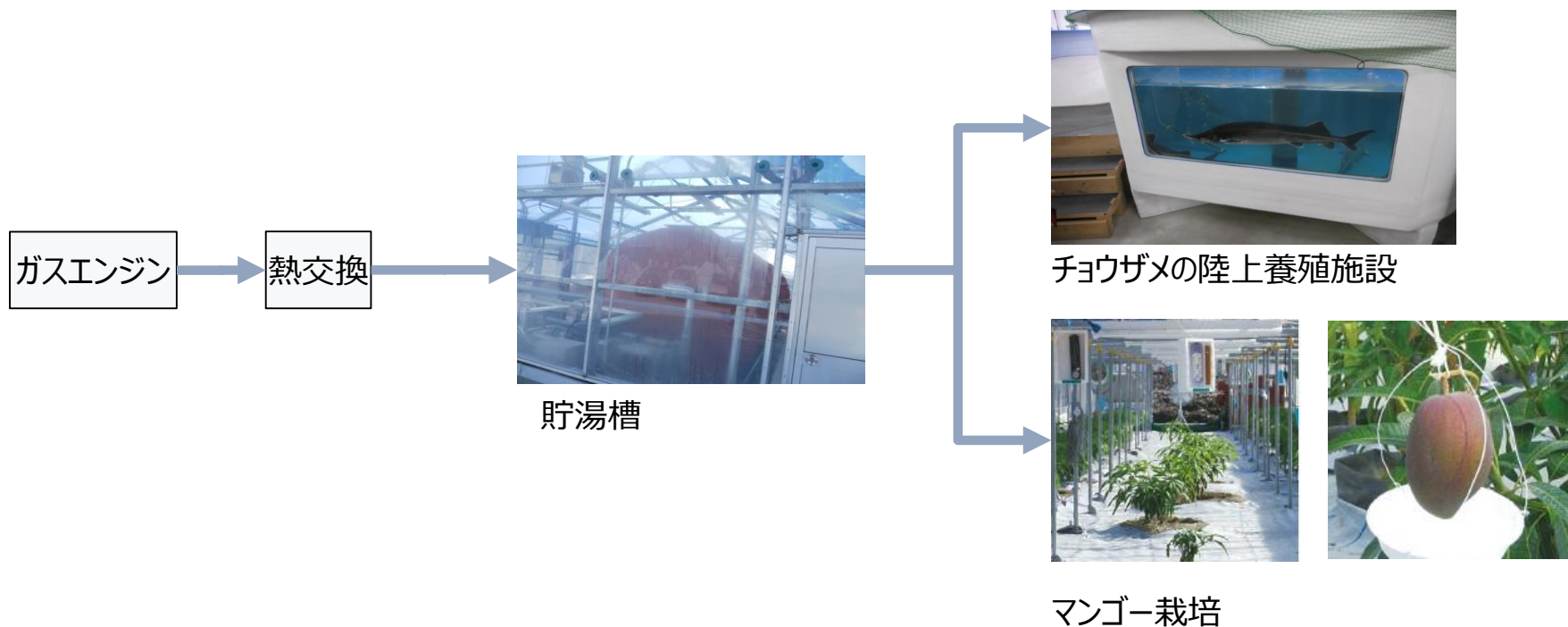
地域	設置場所	ガス化炉の種類	出力	熱利用方法
秋田県北秋田市	道の駅 たかのす	ダウンドラフトVolter40	40kW	道の駅 足湯の活用
秋田県潟上市	秋田農福連携発電所	ダウンドラフトVolter40	40kW	施設園芸の熱源
秋田県北秋田市	Volterジャパン本社	ダウンドラフトVolter40	40kW	燃料チップの乾燥テスト
群馬県上野村	上野村きのこセンター	アップドラフト ブルクハルト	165kW	キノコ栽培施設
岐阜県高山市	飛騨高山しぶきの湯バイオマス発電所	アップドラフト ブルクハルト	165kW	温泉の加温

7) バイオガス発電からの排熱利用 ガスエンジンからの排熱利用

- バイオガスを使用するメタン発酵でもガスエンジンを使用しており、その排熱利用の事例がある。

表 バイオガス案件での熱利用例

地域	プラントの種類	ガスエンジンの出力	熱利用方法
北海道鹿追町	集中型プラント	100kW、200kW	貯湯槽への蓄熱から、マンゴー農園、 チョウザメの飼育
北海道士幌町	個別型プラント	300kW	メタン発酵槽の加温



8) 各種技術に取り組む上でのパッケージの構成、課題の整理

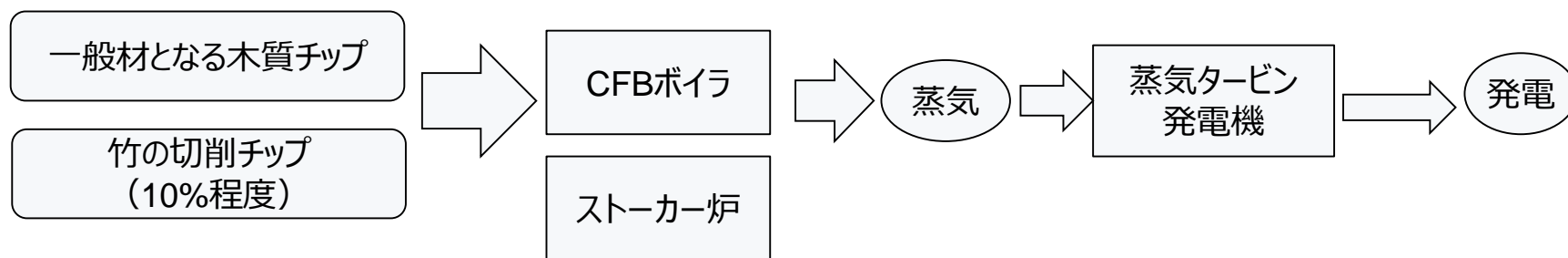
技術カテゴリー	小区分	対象とする原料	使用する技術			事業の規模、コスト感	FIT 対象になる場合、ならない場合の収益性	熱需要の必要性	今後の事業展開のあり方
			技術概要、現在の状況	導入のメリット	留意事項（制約事項）				
直接 燃焼 発電	大型直接 燃焼発電 (BTG)	原料の一部に竹を使用する。	<ul style="list-style-type: none"> 竹そのものを直接原料として燃焼させることは難しく、耐塩素腐食等考慮した設計が必要である。 ⇒日立製作所の竹を微粉碎して、水に浸し、カリウム塩素を抜く技術を適用できれば、竹の燃料化の可能性が出てくる。 	<ul style="list-style-type: none"> スケールメリットを生かした原料価格の提供が可能であること。⇒コスト高になる竹チップを吸収できる可能性がある。 5~8%の竹であれば、他の材によって緩和される可能性がある。(山口県 Q 社) 	<ul style="list-style-type: none"> そのまま燃焼させると、クリンカの発生、腐食の発生、低温燃焼時のダイオキシンの発生が懸念される。 運転体制としてボイラー・タービン主任技術者の採用が必要である。 	<ul style="list-style-type: none"> 10MW 以上、もしくは、輸入材を併用する 20MW 以上の事業規模。 初期費用は 75MW で 400 億円、50MW で 300 億円程度。 	<ul style="list-style-type: none"> 現行の FIT の区分では、国有林や保安林で森林経営計画に基づいて伐採された竹は、未利用材扱いになる。タケノ農家から伐採された竹は、一般材扱いになる。 	<ul style="list-style-type: none"> 単体の発電事業で採算がとれる可能性が高く、熱需要のニーズは低いものと考えられる。 	<ul style="list-style-type: none"> 既往のバイオマス発電事業者への協力依頼を行う。 竹の成分検査を行いつつ、竹から塩素、カリウムを抜いた結果を用いた燃焼試験、もしくは混焼試験の実施。
	小型の蒸気タービン 発電	原料の一部に竹を使用する。	同上	<ul style="list-style-type: none"> 未利用材認定が取れることを前提とした 2MW 未満の規模で、部品数を削減したボイラーや空冷式冷却塔を採用することで事業性を確保できる可能性がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 1MW 以下の世界では、蒸気タービンの発電効率が低下する (10%台)。 	<ul style="list-style-type: none"> 小型の BTG でもボイラーメーカーは、発電目的として 2MW 未満のラインアップで 16 億円程度を提示するケースが多い。 	<ul style="list-style-type: none"> 未利用材狙いで事業を検討するか、FIT から外れた自治体の熱供給事業を模索する。 	<ul style="list-style-type: none"> 熱需要の必要性あり。 	<ul style="list-style-type: none"> 小型の区分で BTG を追及するメリットは少ないものと考えられる。
直接 燃焼 + ORC 発電	ボイラー + ORC 発電 ユニットの 組み合わせ	パークと竹	<ul style="list-style-type: none"> 現状、南関町のバンブーエナジーにて、杉材を使用した試運転の段階である。 現在、竹の混焼テストが開始された段階である。 	<ul style="list-style-type: none"> 発電量に対して、4 倍のエネルギー量の熱が発生する。 	<ul style="list-style-type: none"> ORC については、電手法、消防法対応の取り組みが必要。 	<ul style="list-style-type: none"> 南関町のバンブーエナジーでは、初期費用 15 億円 (2/3NEDO 補助) 	<ul style="list-style-type: none"> 導入する際に、補助金を活用しない場合は、未利用材認定を取得した原料の活用が望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> フグ養殖の誘致、電気、熱需要先となるバンブーマテリアル本体の操業が軌道に乗る必要がある。 	<ul style="list-style-type: none"> 発電事業ではなく、熱供給事業として位置づけるべきである。実際の農産物加工や施設園芸、養殖等で使用する熱の温度帯域、需要時期を整理する。
ガス 化 発電	水性ガス 化反応	パークと竹等カリウムを多く有する添加剤との併用	<ul style="list-style-type: none"> 安定的な水性ガス化反応を行える国内でのプラントの導入実績はまだなく、一部欧州からの技術を導入する動きがみられる。 欧州では、安定稼働の実績を有するプラントがある。 	<ul style="list-style-type: none"> 小規模の中、バイオマスによる発電 1 に対して、熱が得られる (発電 : 熱 = 1:2)。 設備容量規模が小さくても、発電効率が 30% 近くに達する技術もある。 	<ul style="list-style-type: none"> ガス化プロセスにより、ターールの液化等の問題が発生しやすい技術があるため、技術の選択を慎重に行う必要がある。 日本の樹種 (杉) と欧米の樹種 (トウヒ等) が異なり、日本向けのカスタマイズが必要になる。 	<ul style="list-style-type: none"> 2MW 未満の規模で 15 億円程度を要すると考えられる (土木建設費込みで 20 億円程度)。 	<ul style="list-style-type: none"> 未利用材認定を取得することが望ましい。 	<ul style="list-style-type: none"> 低質材のガス化による廃熱を利用して、良質チップの製造を行い、それらを周辺の熱需要先に展開させる考え方がある。 温浴施設、施設園芸等への展開 	<ul style="list-style-type: none"> 国内にて安定的なガス化発電を行えるプラントの導入を見据えながら、小規模分散型の導入を模索する。

(5) 具体的な事業実施体制の構築

1) 木質バイオマス発電所 (BTG) への混焼

■ 前提条件

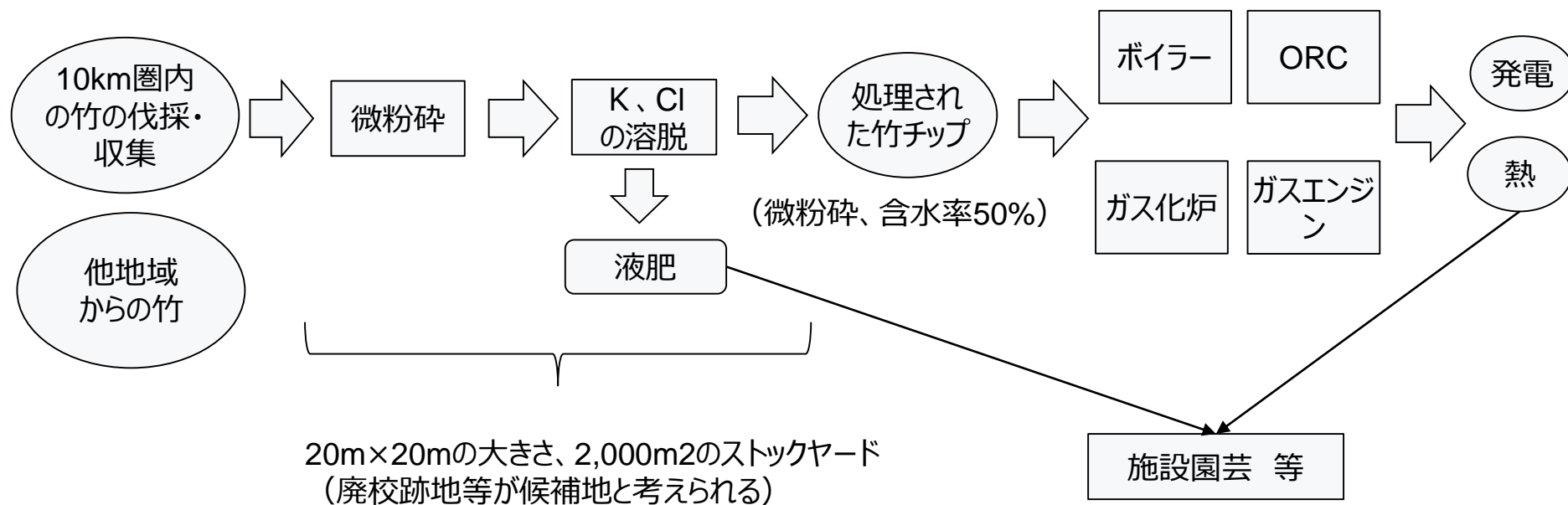
- 中規模以上（5 MW以上、10MW、20MW、50MW等）の一般材を燃焼させているバイオマス発電所が候補となる。
- チップ化された竹を搬送できる前処理システムを有していること。
- 通常の木質チップとの混焼割合は10%程度が目安。
- バイオマス発電所が支払っている他の一般材と同等の価格で集荷可能な竹を調達できること。若干のコスト高を吸収できる規模を有すること。
- 工事支障木の燃焼が多い、CFBであること等、条件によっては、混焼可能量が増える可能性もある。
- 発電所側の定期点検のタイミングと竹の集荷タイミングを合わせた運用を準備する。



2) 日立製作所の前処理技術（竹100%）+ 木質バイオマス発電等での燃焼

■ 前提条件

- 放置竹林を解消のため、竹を伐採・収集し、同社の処理システムでのプロセスを経たのち、地元での発電、熱利用に活用する。
- 現地での運送コストを考慮して半径10km圏内から竹を集める。
- 小規模になることが想定され、発電、熱利用を主体に考える必要がある。
- 小規模分散の事業となるため、固定価格買取制度を活用する場合は、竹に関しては未利用材認定を取ることが望ましい（通常は一般材扱い）。

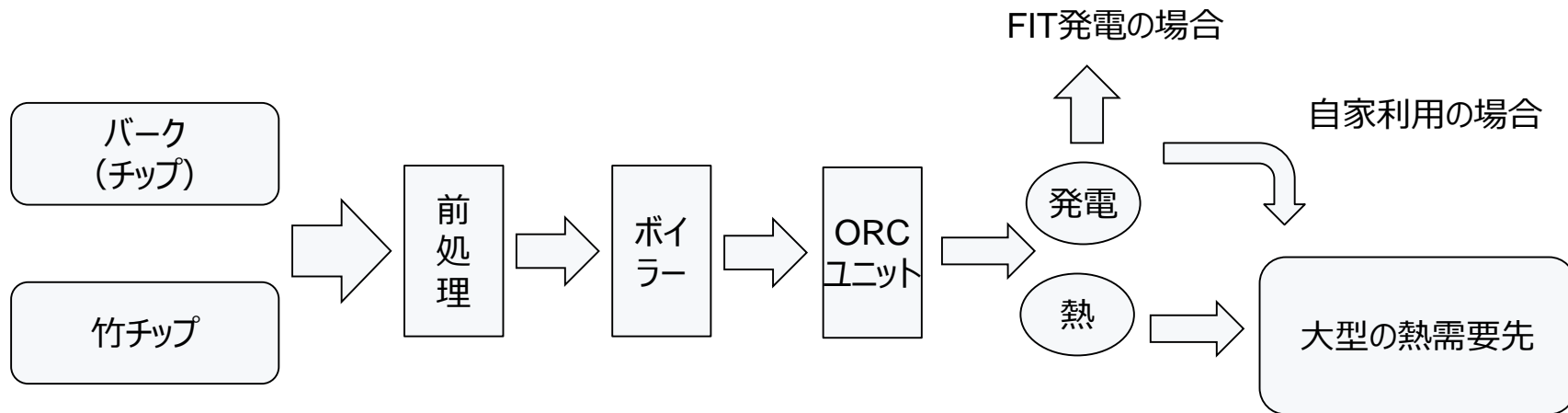


- 微粉碎されたチップの形状によっては、木質ペレット工場の原料、あるいは、微粉碎されたバイオマスが必要とする浮遊外熱式ガス化法の技術への応用も考えられる。

3) 直接燃焼（竹+バーク）+ ORC熱利用型

■ 前提条件

- FITを使う場合には、未利用材認定が必須。
- バークを安定的に処理できる前処理設備を用意していること。
- 電気 1 に対して、熱 4 が出るので、熱利用主体で事業を設計する（熱需要が望める場合）。
- ORCに対しては、電気事業法、消防法対応を行う必要がある。将来的なコストダウンが求められる。
- 竹の割合を30%程度までとする。

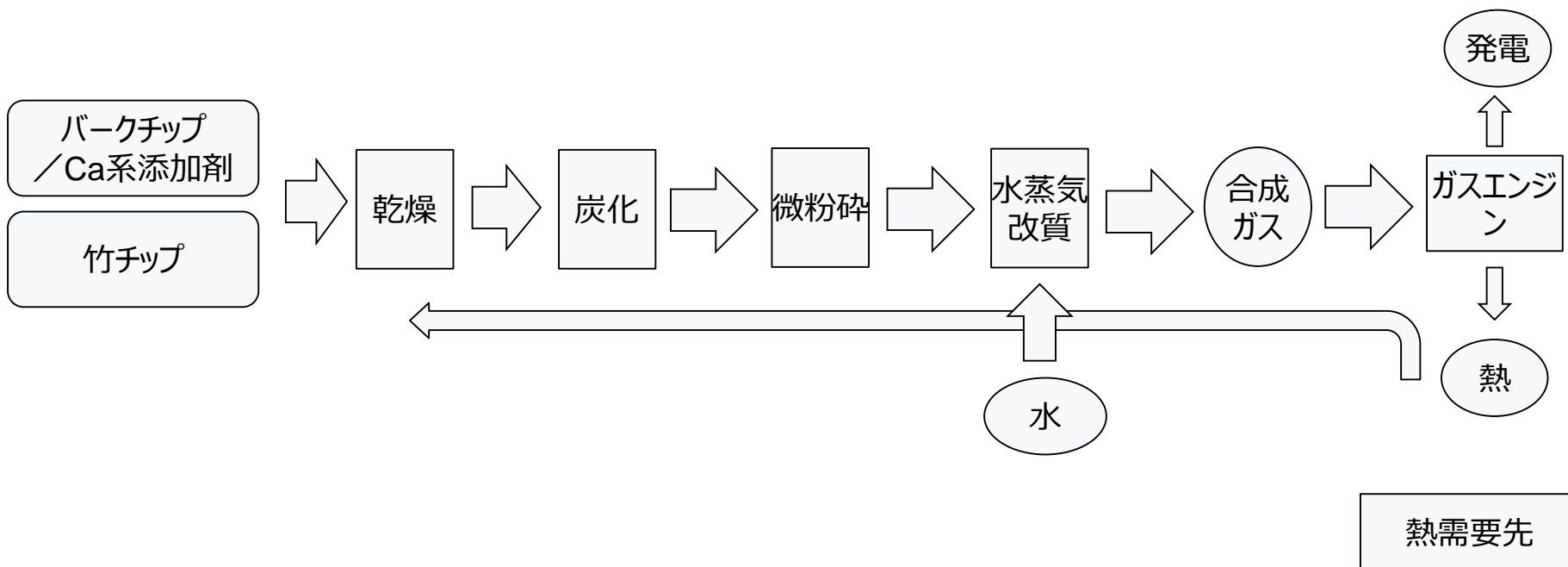


- 大型の熱需要先の候補例として産業用ペレット工場が考えられる。欧米ではペレット工場の熱源として、ORCがペレット工場に併設されており、今後、日本国内の未利用材ペレットを使用したガス化発電案件やペレットを使用する大型の直接燃焼発電案件が増えてくることが予想される。

4) バイオマスガス化発電（竹+バーク、もしくは添加剤）

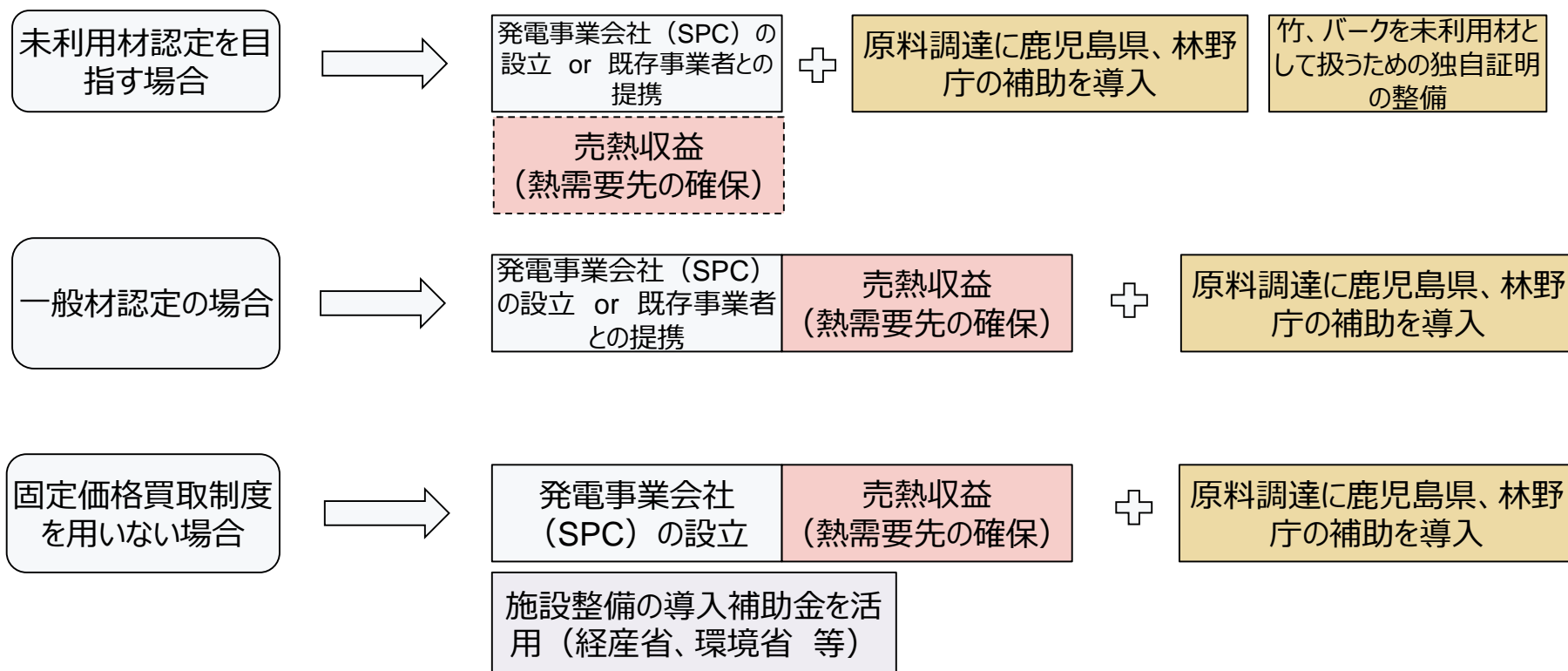
■ 前提条件

- 2 MW未満の区分で事業性を高めるため、固定価格買取制度の未利用材認定は必須となる。
- バークと竹チップを原料とするため、できるだけ均一な投入原料の状態を作れること。そのための前処理設備を有していること。
- 水性ガス化反応を行えること、かつ、そのための熱量を十分に確保できること。
- 安定的なバイオマスのガス化のオペレーションができていること。日本での導入やトラブル時のサポート体制が確認できること。
- 日本の樹種に合わせたカスタマイズ、日本の燃料を使用した連続的な長期の試験運転ができていること。



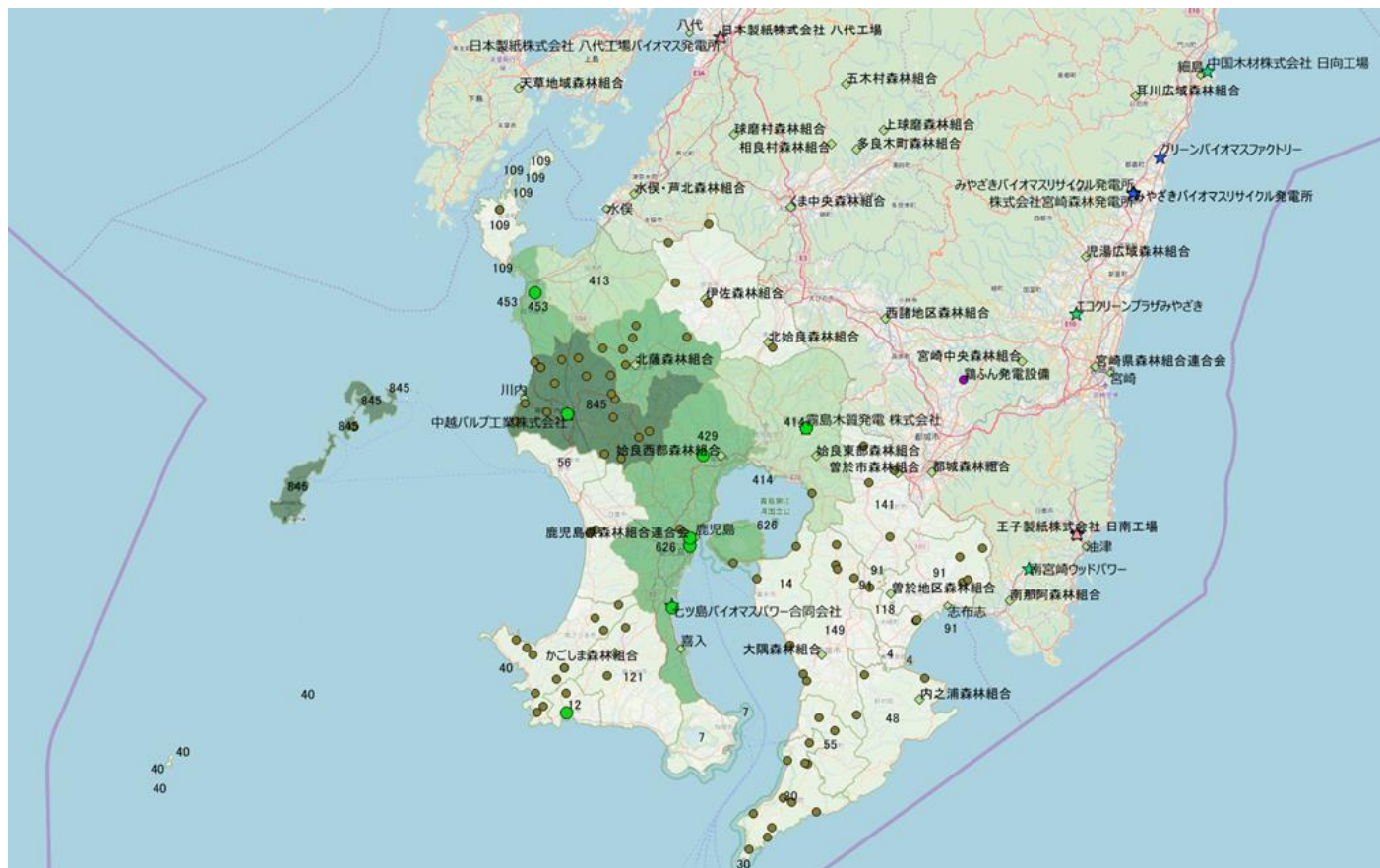
5) 設備認定の種類と事業体制の枠組みについて

- 1) ~ 4) を進めるとき、特に2) ~ 4) に関しては、民間ベースの事業に任せようとする場合には、未利用材案件となるように設備認定の取得を目指すことが求められ、原料調達部分に鹿児島県、林野庁の支援スキームを活用することが求められるが、行政側の独自証明を整備する工夫も求められる。
- 一般材の場合は、2MW未満の規模では、事業性を求めにくいことから、売熱収益を凶れる熱需要と紐づけた事業設計が必要になる。この場合も、原料調達に関しては行政側の支援スキームを活用することが求められる。
- 固定価格買取制度を活用しない場合は、発電設備（熱も含む）の導入に補助金を使用できるケースが多いため、それらを活用しながら、原料調達部分でも行政の支援スキームを活用することが求められる。



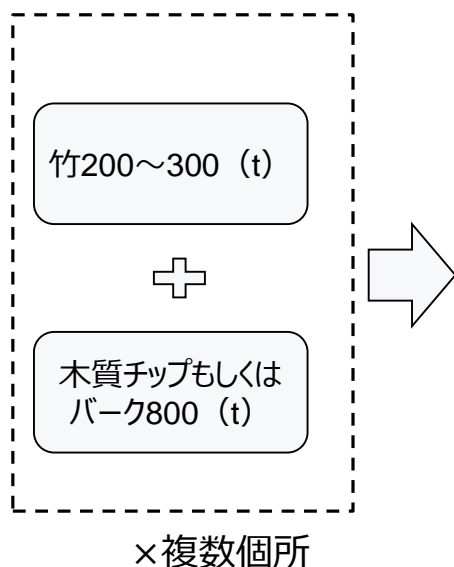
6) 小規模分散型を進める際の廃校跡地利用

- 2) ~ 4) のいわば小規模分散型の事業を進める場合の立地先の候補として、廃校の跡地利用が考えられる。ある程度まとまったスペースの確保、校舎の建物、倉庫の活用、プールの活用、電力、水の確保等に利便性があるものと考えられる。
- 鹿児島県内の小学校、中学校、高等学校を対象に、過去20年間の間で廃校になり、インターネットでその跡地利用が可能と思われるものを整理して、鹿児島県内の地図にプロットを試みた。(地図中の焦げ茶色の○：廃校跡地)
- 薩摩川内市のように竹の濃密地帯でもそれなりの廃校跡地利用の可能性があると考えられる。山間部に位置する廃校跡地が望ましい。



7) 鹿児島県の竹の流通状況を考慮した候補技術の親和性

- 鹿児島県内の竹を扱っているチップ工場で、上位に位置づけられる箇所での年間取扱量は約3,000tの規模である。よく集まりやすいチップ工場で、プラント着コストに見合う竹を新たに集材して加工できる割合をその1割程度とすると、年間200～300tのチップが集荷可能性があると考えられる（200～300t規模の新たな集荷量が複数箇所形成されるイメージ）。
- 200t規模の竹チップをエネルギー利用することを想定した場合、候補技術（1）～（4）に関して、その量的な適合性、技術制約、コスト制約の整理を試みた。竹そのものを投入するケースと竹と木質チップ、バークを混ぜて利用するケースが考えられる（その場合はバイオマス量として1,000t規模）。
- （1）に関しては、混焼となるため、あまり問題は発生しないと考えられる（技術的な確認は必要）。
- （2）～（4）に関しては、今後のコスト削減の取り組みが必要と考えられる。これらも技術の詳細確認や検討は必要となる。



候補技術	量的な適合性	技術制約	コスト制約
(1) 木質バイオマス発電所 (BTG) への混焼	◎ 混焼になるため、問題はない。	◎ 大型ボイラでの混焼であれば問題はない。	◎ プラント着価格に収まれば問題はない。
(2) 日立製作所の前処理技術 (竹100%) + 木質バイオマス発電等での燃焼	○ 半径10km圏内の竹をイメージしており、問題はない。	○ 将来的な処理能力の向上が望まれる。	△ 今後のコスト削減が求められる。
(3) 直接燃焼 (竹 + バーク) + ORC熱利用型	○ 1,000 (t) のバイオマスは問題はない。	○ 技術的には問題がない。	△ 今後のコスト削減が求められる。
(4) バイオマスガス化発電 (竹 + バーク、もしくは添加剤)	○ 1,000 (t) のバイオマスに対して、100kW程度のサイズになる。	△ タール分解温度、クリンカの形成温度を考慮する必要がある。	△ 今後のコスト削減が求められる。

(6) 総括／来年度以降の方策

1) 総括

■ 技術課題

- 竹をバイオマスエネルギー利用、特に発電を中心に考えていく場合には、竹の有する①クリンカを形成しやすい、②配管への腐食を発生しやすい、③低温燃焼時にダイオキシンを再合成しやすい等の課題が挙げられる。
- これらに対して、(1) 竹とバーク等を合わせて燃焼もしくはガス化をさせる方法、(2) 竹そのものから、前処理として塩素、カリウム分を抜き、燃焼もしくはガス化させる方法があることが分かった。
- 小型ボイラーでの竹の混焼は、均一な原料の状態が作れず爆燃の危険性が高まるため、避けた方が良いとの指摘も得られた。
- 現状、上記の方法に関して、解決に至るとされる技術についても初号機の試運転段階であり、まだ日本国内で安定的にガス化を実現できる実機が導入されていない状況である。今後、コスト削減の効果や実用に至るまでの経過を丁寧にフォローする必要がある。

■ 竹の伐採～加工に関する課題

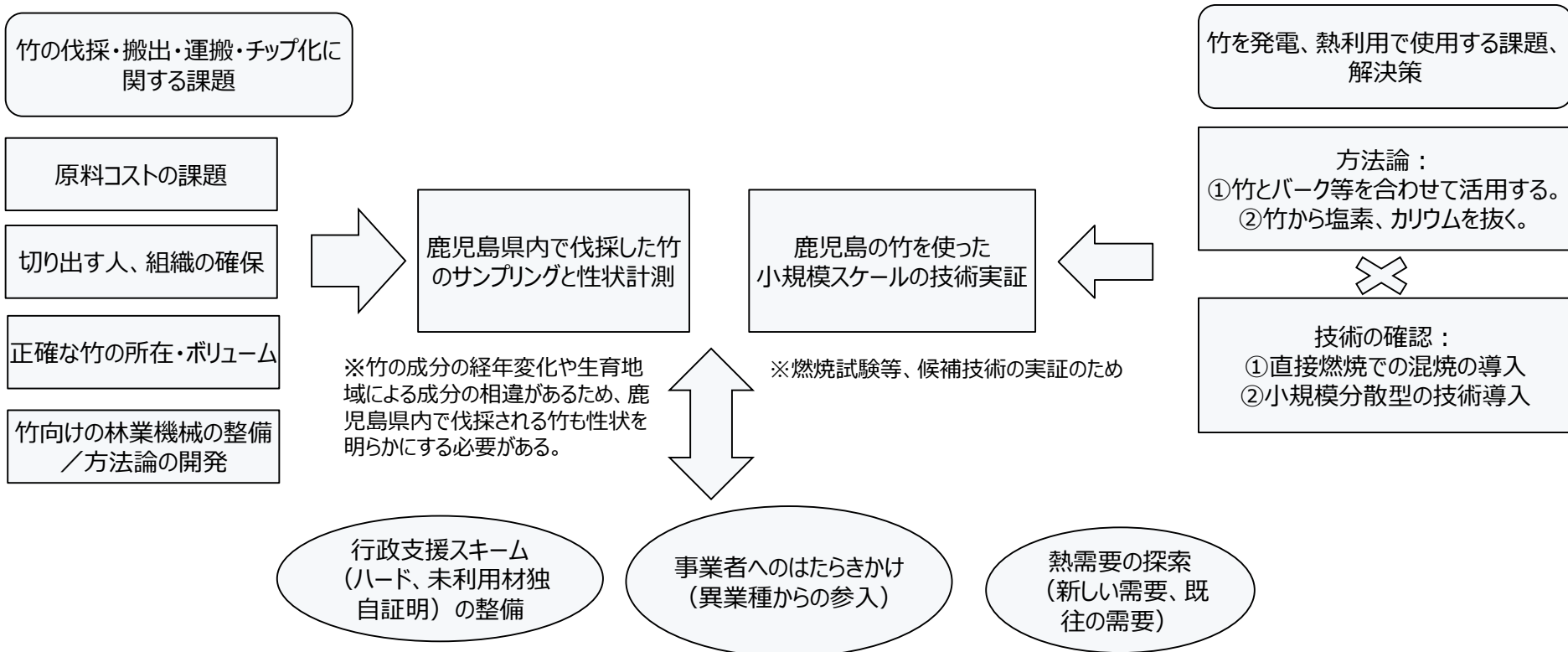
- 空隙の多さ、表面の硬さ、自重の少なさ等竹の特徴に起因して、竹の伐採、搬出、運搬、チップ化までには、プラント着価格でカバーできないコストがかかっている。山口県庁の実証事業でも14,000円/t以上のコストがかかるため、林業事業者は手を出していない状況である。
- コストを抑制するためには、竹の伐採に対するインセンティブを行政が与えるか、より効率的な伐採や運搬に関する技術開発を行う必要がある。
- 竹には地域毎にほぼ同じ組成をしているというよりは、組成や大きさが異なってくること、経年変化で中の成分が変化してくることが分かった（近畿の竹と福岡の竹、鹿児島竹は異なる）。このため、地域ごとのサンプリングや実査を通じた正確な竹の所在を整理していくことが必要である。

■ 行政支援

- 竹のバイオマスエネルギー利用を民間ベースで進めていくには、行政の支援が不可欠であり、固定価格買取制度を使用する場合には未利用材認定が必須となる。そのためには、県、市町村での独自証明の方法論を整備していくことが重要となる。
- 未利用材認定が取れない場合は、一般材認定の上で事業組成を図る必要がある、熱需要やマテリアル利用とを組み合わせた事業検討が必要になる。
- 侵入竹を防ぎ、適切な森林の維持管理を行うためにも、民間ベースで採算の取りづらい竹の伐採、運搬、収集、加工に至るプロセスについては、必要な社会コストとして位置付けて、積極的な行政の支援スキームが必要になる。

2) 今後の方策

- (1) 木質バイオマス発電所 (BTG) への混焼に関しては、実際の導入に際しては技術的に制約が出てくる可能性はあるものの、他県での先行事例もあり最も実現性が高いものであることから、鹿児島県内の既存発電者や竹チップ生産事業者との検討を今後進める必要があると思われる。
- (2) ~ (4) については、一般的にコスト削減が必要であり、その方策について、関係者と検討を行う必要性がある。小規模分散、地産地消の考え方にに基づき、鹿児島の竹を実際に用いた燃烧試験や前処理試験を行いながら、熱需要の探索、地域の再エネ事業に関心と意欲を持つ事業者への働きかけを行っていく必要があると思われる。
- 鹿児島の竹も地域毎に性状が異なる可能性もあり、正確な竹の所在と量の把握にたどり着くためのプロセスとして、サンプリング調査等の実施が望ましい。



本資料に関するお問い合わせ先

株式会社 三菱総合研究所
地域創生事業本部 地域エネルギーグループ

TEL : 03-6858-3071

FAX : 03-5157-2142
