

平成19年度木質バイオマス利活用地域  
モデル実践に係る実証事業の成果報告

# 「木質バイオマス・ガス化・ コージェネによる地域実証事業」



秩父市

# 事業の概要

「川上から川下までの総合的な木質バイオマス利用地域モデルシステムの実証」

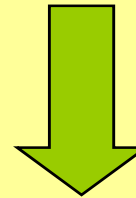
- 1 林地残材等未利用バイオマス利用のコスト削減
- 2 バイオマス発電所のスムーズかつ継続運転の確立
- 3 生産エネルギー等の利用

## <エネルギー変換システム>

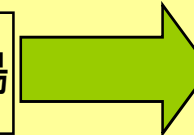
- 発電方式;固定床ダウンドラフト型木質バイオマス・ガス化・ガスエンジン・コジェネレーション
- 計画値;発電端出力 115kw 送電端出力 100kw  
総回収熱量 231Mcal/h 有効利用熱量 150Mcal/h  
バイオマス使用量 125kg/h 1.5t/d(12h/d) 450t/y (300d/y) ※ いずれも含水率13%-wet
- 熱供給先及び方法;元気村お風呂・足湯へ温水で供給
- 助燃材;LPG(システム起動、停止時のみ)
- 余剰電力;RPS認定電気として東京電力に販売
- 財源 強い林業・木材産業づくり交付金(林野庁)  
秩父市森と水のちから活用基金(秩父市)
- 建設費 243,600,000円
- 設計施工 月島機械株式会社
- 概要 100kw級では日本初の木質バイオマス・ガス化・ガスエンジン・コジェネレーション・システムとして竣工。平成19年3月4日竣工式。4月1日正式稼動。

## 今までの購入チップ方式のイメージ

製材所

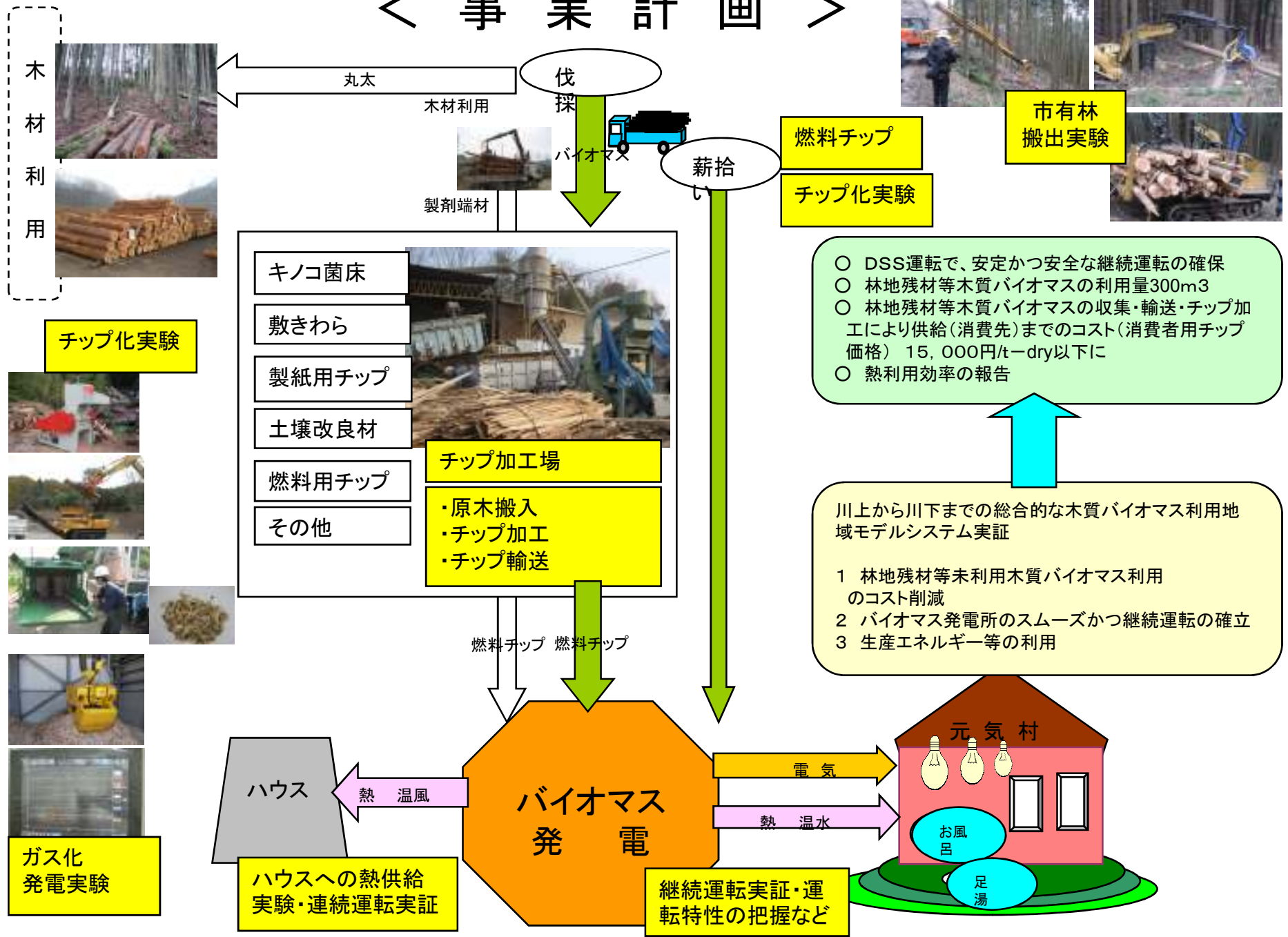


チップ加工場



バイオマス発電所

# < 事業計画 >



# 事業の実施方法

## 1. 実証事業の実施方法

林地残材等木質バイオマス利用のコスト削減、バイオマス発電所のスムーズかつ継続的な運転、生産エネルギー等の有効利用等について取り組む。

### 1.1 林地残材等未利用木質バイオマス利用のコスト削減

森林資源の利用に当たっては、特に蓄積の大きい資源の充実した森林の持続的利用システムの構築が必要であり、木材供給と併せた木質バイオマスの利用を主に検討を行う。

(1) 主伐、間伐時の効率的かつ低コストのバイオマス収集、輸送、加工システムの実証

① 素材生産事業者、森林組合との連携による森林施業に伴うバイオマス収穫から、木材輸送事業者による輸送、民間チップ事業者によるチップ加工まで、収集から加工まで低コストによる一連の流れによるバイオマスの利用方法の実証。

② 高性能林業機械による伐倒木の搬出実験

(2) チップ加工システムの実証

① 搬出された木質バイオマスのチップ加工方法について、各種チップパーを借上げ、チップ加工方法について実験する。

### 1.2 バイオマス発電所のスムーズかつ継続運転の確立

(1) DSS(デイリー・スタート・ストップ)による12時間/日、300日/年の安定かつ安全な継続的運転の確保を目指すためシステムの特性を把握する。

① 運転特性の把握

プラントの運転特性に係るデータ蓄積を行い、安定かつ安全な継続運転の礎とする。また、特性を把握した上での改善点を把握する。

② 原料を変えてのプラント特性・運転法の把握

針葉樹、広葉樹、枝条、樹皮等多様な原料に対応できるよう、原料の種類を変えたときのプラントの特性と運転方法を把握する。

③ 連続運転の特性把握

連日24時間試験運転を行った場合のプラント特性を把握する。また、夜間の熱利用等エネルギー利用も含めた経済的メリット等も把握する。

④ 施設運用改善点の把握

次年度以降の無人運転試験を視野に入れた選手員の削減方法、及び効率性、メンテナンスや使い勝手等を考慮した施設改良点・改造点を把握する。

⑤ 運転・保守マニュアルの整備

運転経験・実績を反映して、運転・保守マニュアルを作成する。運転委託の基礎づくり等のためにも必要。

### 1.3 生産エネルギー等の利用

「木質バイオマスエネルギー事業」がシステムとして経営的に成り立つため、生産されたエネルギー等の利用先・利用法として、熱利用について発電所内で発生する温風を利用しハウス事業を研究する。

# 市有林をはじめ秩父地域内から森林バイオマスを調達

## ○ 調達バイオマスの運搬、チップ加工・輸送コストの内訳

	所在	バイオマス量 (m3)	燃料費 (円)	運搬手数料 (円)	チップ加工手数料 (円)	合計	備考
0	羊山民有林	(19)	(1,900)	0	0	(1,900)	※ チップ化実験で使用
1	大滝市有林	10	0	16,800	34,650	51,450	
2	美の山町有林	30	3,000	50,400	103,950	157,350	
3	中津川県有林	20	10,000	33,600	69,300	112,900	
4	栃本市有林	30	0	50,400	103,950	154,350	
5	中山田市有林	10	0	16,800	34,650	51,450	
6	定峰市有林	140	0	147,000	485,100	632,100	集積場
7	矢丸民有林	10	1,000	16,800	34,650	52,450	
8	荒川集積場	50	0	84,000	173,250	257,250	
	合計	300	14,000	415,800	1,039,500	1,469,300	※チップ化試験分を除く



バイオマス調達現場でトラックへ積載

バイオマス調達現場



チップ工場へ到着



チップ製造



チップをトラックへ積載。発電所へ輸送。

主伐、搬出間伐に伴い、梢端部、細材、曲材等の森林バイオマス300m3を調達した。これをチップ工場まで輸送し、チップ加工し、チップ660m3を調達した。林道脇、作業道脇、土場等に発生したバイオマスをグラップル付き8tトラックでチップ加工場まで輸送し、チップ加工・輸送し、発電所に到着するまでのチップ調達コストは、14,814円/t-dry。であった。



# 間伐材搬出実験

## ○ 実験概要

間伐材の搬出について、高性能林業機械を使用して効率的に実施し、今後の秩父地域の森林施業に資することを目的に、東京大学大学院農学生命科学研究科森林利用学研究室、秩父広域森林組合、新キャタピラー三菱(株)、丸順エンジニアリング(株)の協力を得て実施した。

- ・ 実施時期 平成19年12月13日(木)～25日(火) 作業日数 10日間
- ・ 場所 秩父市山田萩ノ久保地内 山田4-ち-1～6
- ・ 事業内容 高性能林業機械により間伐材の搬出(一部伐倒・搬出)を行い、素材並びにバイオマス利用における効率性とコストを評価する。
- ・ 作業工程 伐倒木木寄せ・伐倒並びに木寄せ、造材、小運搬、土場はい積、観測結果取りまとめ。運搬、チップ加工を別途付加する。
- ・ 高性能林業機械  
新キャタピラー三菱(株) ロングリーチハーベスタ(312Cテレスコピックハーベスタ)  
丸順エンジニアリング(株)スーパーロング「リーチマン」(グラップル)  
・ その他林業機械 ハーベスタ(KETO051)、フォワーダ(イワフジAK-33)

## ○ 想定コスト

今回の搬出実験に要したコストは、1,364,391円であった。この中には、高性能林業機械の使用料、秩父まで運搬する経費等も含まれている。そこで、高性能林業機械を県、公社等の公共セクターが所有し林業労働力確保対策等で利用できる状況を想定し評価する。⇒ 想定経費は、1,236,291円となる。

## ○ 素材生産コストと作業効率

素材185m<sup>3</sup>を生産し、バイオマス40m<sup>3</sup>を林道脇まで搬出した。バイオマスの作業道からの運搬10台分のコストも含めた素材生産コストは、6,683円/m<sup>3</sup>、生産効率は5.87m<sup>3</sup>/人日となった。

また、バイオマスを一切搬出しなかった場合には、素材生産コストは6,456円/m<sup>3</sup>、生産効率は6.17m<sup>3</sup>/人日となる。

## ○ まとめ

一連の高性能林業機械を用いた効率的な作業の中で、素材と合わせてバイオマスを収集すれば、バイオマス収穫に要するコストは小さくなることわかった。

中山田市有林 搬出実験



ロングリーチ型ハーベスタ



ロングリーチ型グラップル



プロセッサ



林道脇にまとめ置いたバイオマス



作業道からのバイオマス運搬

# 林内・土場におけるチップ加工実験

## <実験概要>

- 間伐材、林地残材等を林道脇、土場、作業道など施業現場でチップ加工し、トラック輸送を想定した小型チップパーなどによる実験を行った。
- 想定したチップパーは、自走式ブラシチップパー、固定式切削チップパー、タブグラインダーであり、諸元及び必要機材、人員、実験で得た製造チップ量、能率、m3あたり人件費等は下記のとおりである。

	自走式ブラシチップパー	固定式切削チップパー	自走式タブグラインダー
破砕装置	東興産業(株) 95CR ・ディーゼルエンジン 82PS ・チップパーナイフ 2枚 ・最大処理径 230mmφ ・薪割り機付き ・概算重量 2,550kg	協和機工(株) KF-818A ・モーター 20HP ・破砕口寸法 463×274mm ・回転刃 6枚 ・固定刃 4枚 ・スクリーン 30mmφ ・処理量 400～600kg/hr ・機械重量 1,130kg	(株)諸岡 MC-2000 ・ディーゼルエンジン 200PS ・カッター刃 32個 ・スクリーン30mmφ～50mmφ ・タブ 1,800mmφ×D1,300mm ・重量 9,230kg
必要な機材	なし	薪割機、ディーゼル発電機 コンベア	油圧ショベル (グラブ ル)
想定作業員	シルバー人材センター 3 人	シルバー人材センター 3人	森林組合 2人
投入した原木の量 (推定)	5m3	17m3	2.5m3
チップ化に要した 日数	1日 (実際のチップパー稼働 時間74分)	6日 (実際のチップパー稼働 時間827分)	1日 (実際のチップパー稼働 時間24分)
作成したチップの 量	6.3m3	38m3	6m3
能率	6.3m3/日	6.3m3/日	6m3/日
チップ単体量あた りの製造の 人件費	17,850円/日÷6.3m3/ 日=2,833円/m3	17,850円/日÷6.3m3/日 =2,833円/m3	16,800円/日÷52.5m3/ 日=320円/m3



自走式ブラシ  
チップパー



固定式切削  
チップパー



自走式タブ  
グラインダー

## ○ まとめ

バイオマスの発生元で、ボランティアやシルバー人材センター会員の作業、森林組合作業員の担う作業と想定して結果を得た。

- ・ 灯油の熱量は8.9Mcal/ℓであり100円/ℓのときには11円/Mcalとなる。
- ・ チップ1kg当たり6円/Mcalとなる。(チップ熱量3.5Mcal/kg、150～200kg/m3程度から、約500Mcal/m3、チップ加工人件費3,000円/m3を使用)

・ 施業残材処理による林内整備という観点から、

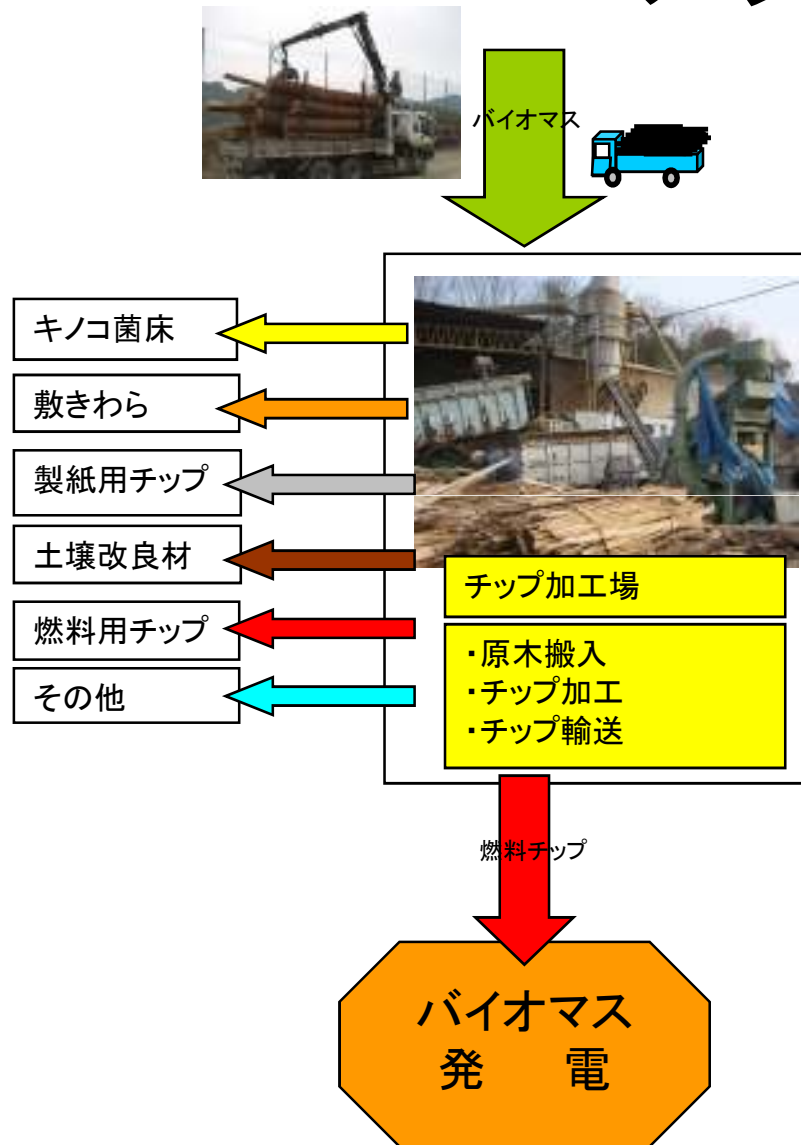
- ① 農家が自前でチップ化して燃料や敷藁として利用する
  - ② 団塊の世代が余暇を利用したボランティア活動としてチップ化し労務費程度の対価で提供する
- ⇒ と、さらに格安に燃料が調達できるようになる。

・ 林地残材等の未利用資源を活用することで、

- ① 原油価格高騰の影響を受けている業種のコスト削減
  - ② 化石燃料代替燃料としてCO2排出削減に貢献
  - ③ 森林整備の促進(公益性の向上)
  - ④ 高齢者の生きがいづくり(働く機会の創出、健康増進)
  - ⑤ ボランティア活動の達成感(社会貢献)等
- ⇒ 相乗的な効果ができる。

地球温暖化防止、原油価格の高騰の背景において、林地残材等のバイオマスは、加工、提供方法を多用に設定し、需要家を拡大することで利用拡大を進めるチャンスである。

# チップ加工



バイオマス



チップ加工場

- ・原木搬入
- ・チップ加工
- ・チップ輸送

燃料チップ

バイオマス  
発電



本ガス化システム用チップ



細目チップ



タブグラインダーによるチップ

## ○ 本ガス化システム用チップ

- ・ 切削チップパーにより加工したもの(粒径3cm)が最適。製紙用チップとしても使われている。
- ・ チップ加工事業者のバイオマス・コジェネ用チップ製造能力は、30m<sup>3</sup>/日。
- ・ チップ加工輸送費は、3,465円/m<sup>3</sup>。(原木換算)
- ・ 原木m<sup>3</sup>とチップm<sup>3</sup>の換算比率 1:2.2

## ○ 木質バイオマスの多用途的な利用拡大

- ・ 製紙用チップを、キノコ菌床、家畜用敷き藁、土壌改良材等
  - ・ 燃料
- ⇒ 温暖化問題と原油価格の高騰による農家、温泉旅館等での燃料用コスト高による経営圧迫を打開。
- ⇒ 地域産業の支援。
- ⇒ チップマーケットの拡大。

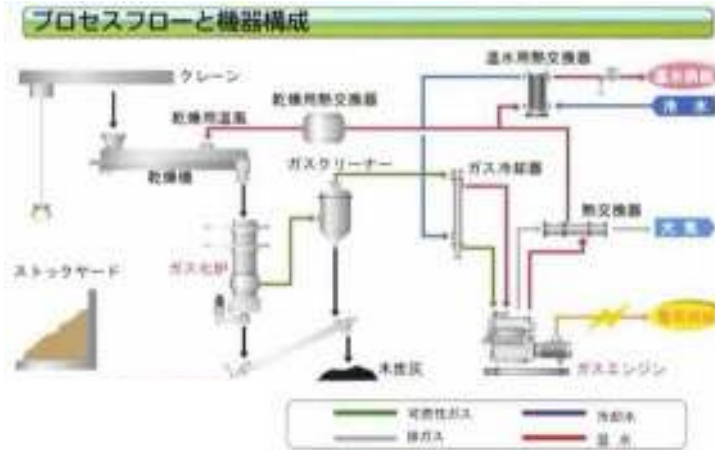


# 林地残材等未利用バイオマス利用の コスト削減



- 林地残材等木質バイオマスの利用量 300m<sup>3</sup>。  
チップ660m<sup>3</sup>を調達した。
- 林地残材等木質バイオマスの収集・輸送・チップ加工により供給(消費先)までのコスト 14,814円/t-dryを得た。

# バイオマス発電所のスムーズかつ継続運転の確立



## ○ 本システムの特徴

- ・ 部品点数が少なく、シンプルな構成。ガス中タールの問題をガスエンジンに負担がかからない程度(メーカー保証値内)まで解決。
- ・ システムのインシヤルコストが比較的安価。
- ・ ガス化工程において、全体的に負圧。安全面で優れる。
- ・ 精製ガスのクリーニングは、乾式フィルター方式。排水処理が不要。
- ・ システム規模が小さいため、運転に特別な資格を要しない。
- ・ システムの起動、停止が簡単、短時間。
- ・ システム起動時、停止時にはLPGを使用するが、木質精製ガスの運転中におけるLPGの助燃材としての使用はない。
- ・ ヤードのチップ投入～ガス化炉へのチップ投入まで、ガス化炉からの排炭作業が自動化。



ガスエンジン



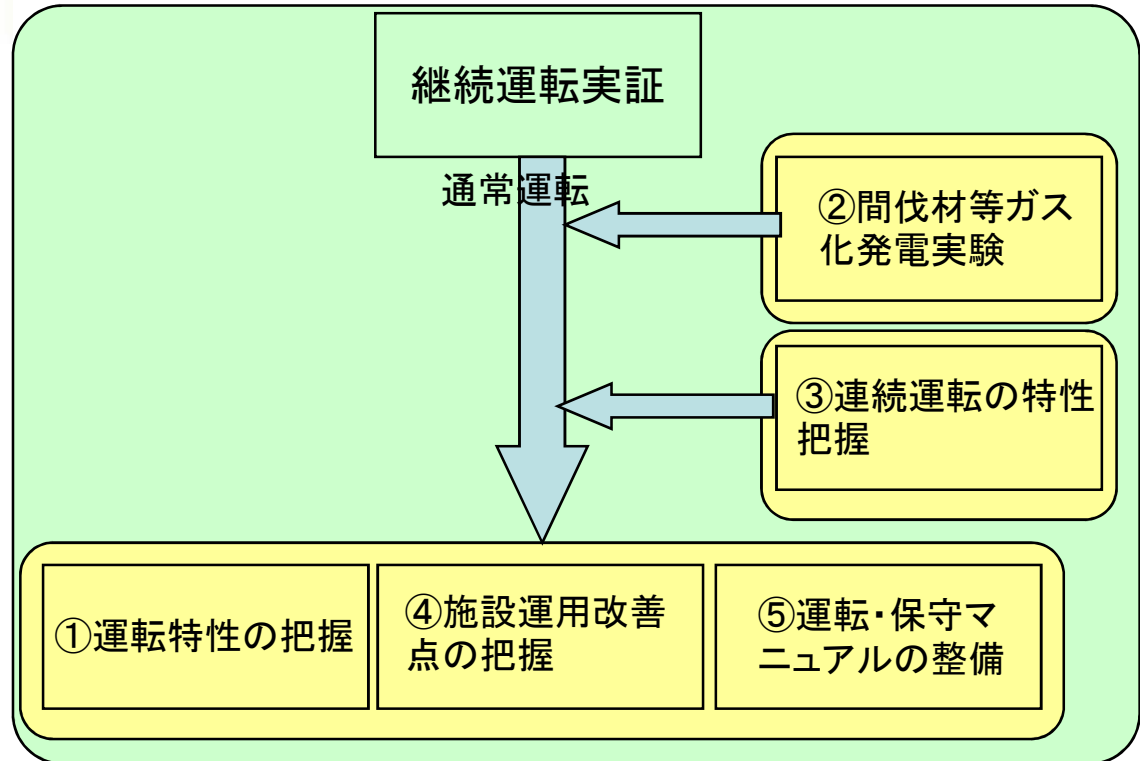
チップヤードとクレーン



ガス化炉



炉内で揮発カーテルを分解する「ダウンドラフト炉」方式を採用  
ガス化炉内イメージ



# 間伐材等ガス化発電実験

## <実施概要>

- ・ 今後の間伐材、枝条残材、剪定枝、樹皮等の投入を見据えて、山土場でのバイオマスのチップ加工を想定したチップ化実験を行った。このチップ化実験で得たチップをガス化発電に使用し、プラントの特性を把握しようとした。
- ・ チップ化実験で得たチップは、いずれも試験運転開始時(平成18年12月)からのチップに比べ細かく、不整形のものも含まれた。

## <使用した燃料>

- ・ チップ実験で作成した以下の不整形チップを使用してガス化発電を実施した。
- ・ 9月20日 間伐材(不整形針葉樹 自走式チップパー) 3.15m<sup>3</sup>
- ・ 9月20日 間伐材(広葉樹、不整形 自走式チップパー) 3.15m<sup>3</sup>
- ・ 10月12日 間伐材(針葉樹、細目チップ) 3m<sup>3</sup>
- ・ 10月15日 間伐材(生木、不整形の針葉樹 自走式チップパー) 10.3m<sup>3</sup>
- ・ 11月30日 間伐材(綿状の針葉樹 タブグラインダー) 6m<sup>3</sup>
- ・ 12月1日~14日(6日間) 間伐材(針葉樹 固定式切削チップパー) 17.5m<sup>3</sup>

## <実験のまとめ>

- ・ 今回使用したチップは、通常使用しているチップより粒径の小さなもの。
- ・ 第3回目の実験では、安定的に100kW発電ができる。しかし、タールと炭の排出量が通常より多い。
- ・ 不整形のチップでは、ガス化炉内にブリッジが起きたことが窺えた。
- ・ 綿状の軽いチップでは、発電量が不安定になり、ガス化炉内でブリッジを形成し、発電量が0kWになるケースあり。ガス化炉出口温度が上昇し、システム停止を何度も繰り返すなどの現象も起こった。
- ・ 12月1日から行った第6回以降のガス化発電実験では、間伐材(スギ)の細かいチップ、マツのチップを使用。タールの排出量が異常に多く(最高31.6kg/日)、炭も通常の約2倍排出。チップ粒径が小さいことで、ガス化炉内排炭装置から炭が早く排出。ガス化層がうまく形成されずに精製ガス中タールの分解が十分に行われなかったため。
- ・ エンジンへのタールの飛来により、エンジン内部がタールで固まり、動かない事象も出現。清掃でエンジンは復旧。
- ・ シンプルな仕掛けで、ガス中のタールを分解する固定床ダウンドラフト炉は、適するチップ形状とのバランスの中で機能をうまく発揮する。
- ・ 継続運転を行っていく上でのチップ形状と固定床ダウンドラフト炉の特性を把握する上での得がたい知見となった。



10月12日 ガス化  
発電時のトレンド



10月12日 ガス化  
発電チップ



11月30日 ガス化  
発電時のトレンド



11月30日 ガス化  
発電チップ

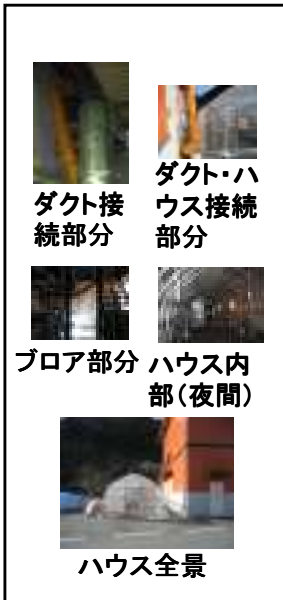
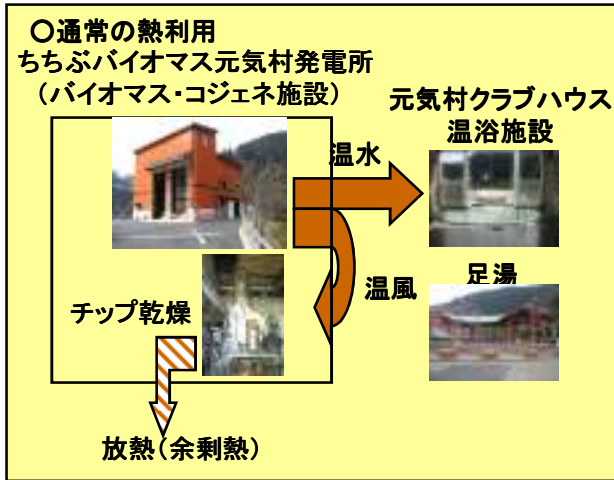
# バイオマス発電所のスムーズ かつ継続運転の確立

- ガスエンジン稼働時間が3,000時間を越えた。(2/28)
  - 発電量が20万kwhに達した。(2/17)
  - 本システムは、部品点数が少なくシンプルな構成。
  - システムのイニシャルコストが比較的安価。
  - タールの排出量が少ない。  
( $0.58\text{g}/\text{Nm}^3 \times 350\text{Nm}^3/\text{h} \times 12\text{h} = 2.4\text{kg}$ )
  - 運転開始時から使用している3cm角の切削チップ形状が最適。
- ⇒ 等、運転特性、プラント特性、連続運転の特性、施設運用改善点を把握し、運転・保守マニュアルを整備。安定的に継続的な運転を確保していくことが最も大きな目標。





# 生産エネルギー等の利用



○ 結果

- 計測日時: 平成20年2月16日(土) 0:00~24:00
- 計測時間: 24時間
- 天気: 晴れ

①温度

24時間の平均外気温	3.3°C
平均乾燥機用空気温度	68.7°C
平均ダクト出口空気温度	51.1°C
ハウス平均温度	37.6°C
ハウス平均最低温度	24.1°C
計測中の外気最低温度	-1°C (23:00時点)
ハウス内最低温度	19°C (23:00時点)
ハウス内平均温度	33°C (20:00時点) 最低点

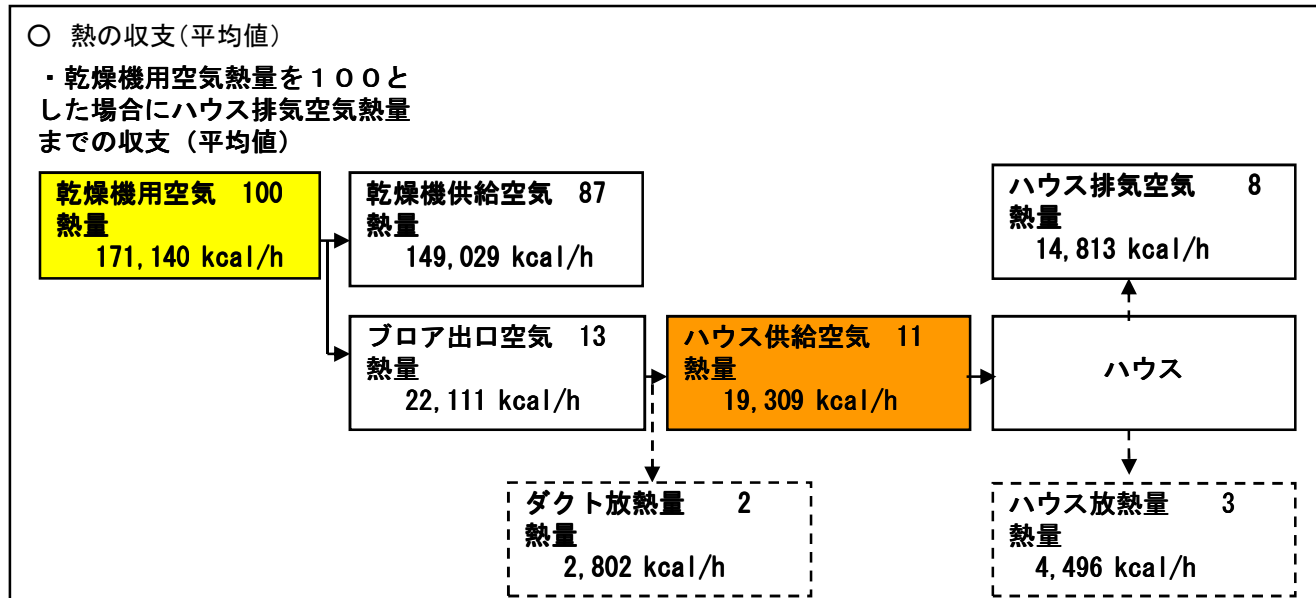
②熱量

乾燥機用空気熱量	Ave. 171,140 kcal/h (Max. 179,139 kcal/h) 22:00時点
ハウス供給空気熱量	Ave. 19,309 kcal/h (Max. 20,262 kcal/h) 13:00時点
ハウス排気空気熱量	Ave. 14,813 kcal/h (Max. 17,669 kcal/h) 14:00時点
ハウス表面放熱量	Ave. 4,496 kcal/h (Max. 5,431 kcal/h) 4:00時点
ハウス用ダクト放熱量	Ave. 2,802 kcal/h (Max. 3,500 kcal/h) 0:00時点

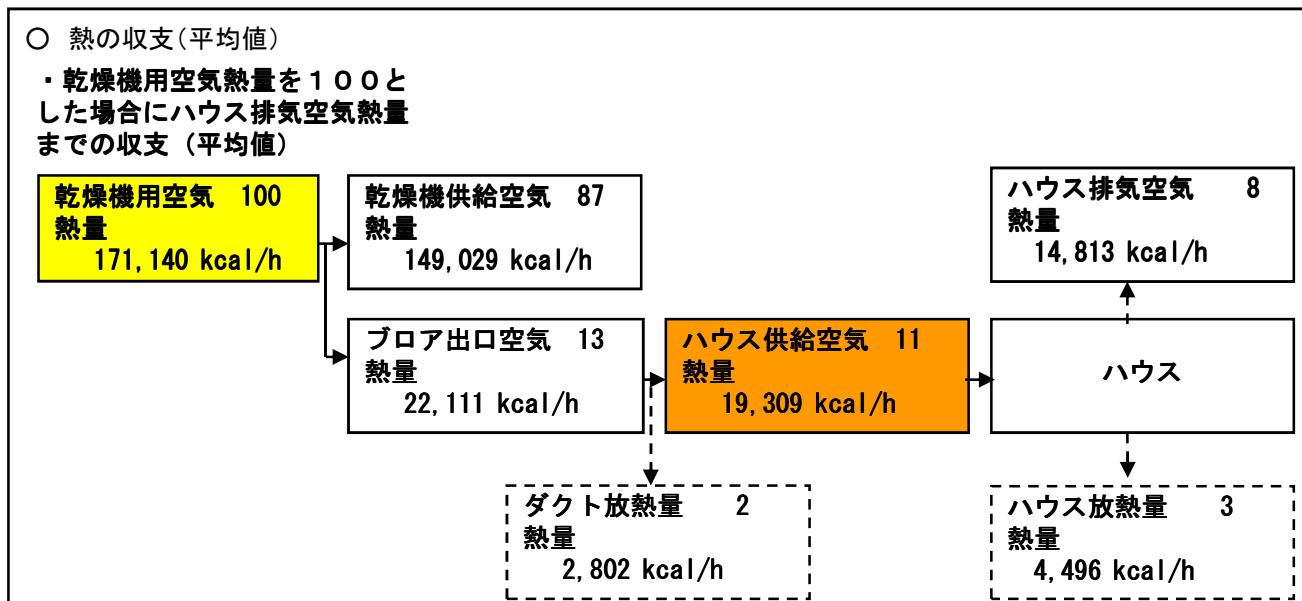
○ ハウスへの熱供給実験の概要

- 目的  
チップの乾燥に使われる温風(熱)の放熱余剰分を有効活用する。
- 方法  
チップ乾燥機の余剰熱放出用バイパス部分にビニール製ダクトを接続する。  
ダクトは、途中フロアを介してバイオマスコジェネ施設隣に設置した、簡易ビニールハウスへ接続し、温風供給を行い、以下のデータを計測した。

乾燥機用供給空気	温度	風量
フロア出口空気	温度	風量
ハウス用供給空気	温度	風量
ハウス内最低温度		
外気温		



# 生産エネルギー等の利用



ハウス内部(夜間)



ハウス全景

## <まとめ>

- ・ 今回の実験で、外気温が氷点下1℃であっても、ハウス内を19℃以上に保つことができた。
- ・ これは、熱帯性植物(パパイア・マンゴー等)やラン科植物(コチョウラン・カトレア等)を生育させることが可能である。
- ・ 生産エネルギーを灯油に換算すると、一冬で約50万円に相当する。



ご清聴ありがとうございました。