

# 報告1

平成27年度  
木質バイオマス利用支援体制構築事業成果報告会

## 小規模木質バイオマス発電導入 におけるケーススタディ

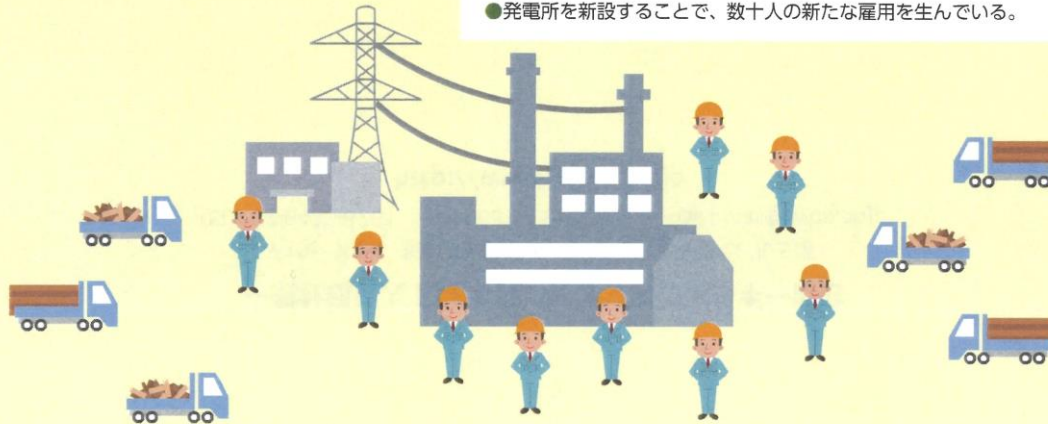
2016年3月10日

株式会社バイオマスアグリケーション 久木 裕

# ◎小規模木質バイオマス発電のすすめ

## 大規模木質バイオマス発電のポイント

- 燃料量が多いことから、集荷範囲が数十kmと広がる傾向にある。
- 発電専用となっている発電所が多い。
- 発電所を新設することで、数十人の新たな雇用を生んでいる。




## 小規模木質バイオマス発電の優位性

- 燃料集荷規模が小さく、安定調達が可能
- 発生する熱も周辺で利用可能
- 総合エネルギー効率、CO<sub>2</sub>削減効果が高い
- オペレーションが容易（一部無人運転可能）



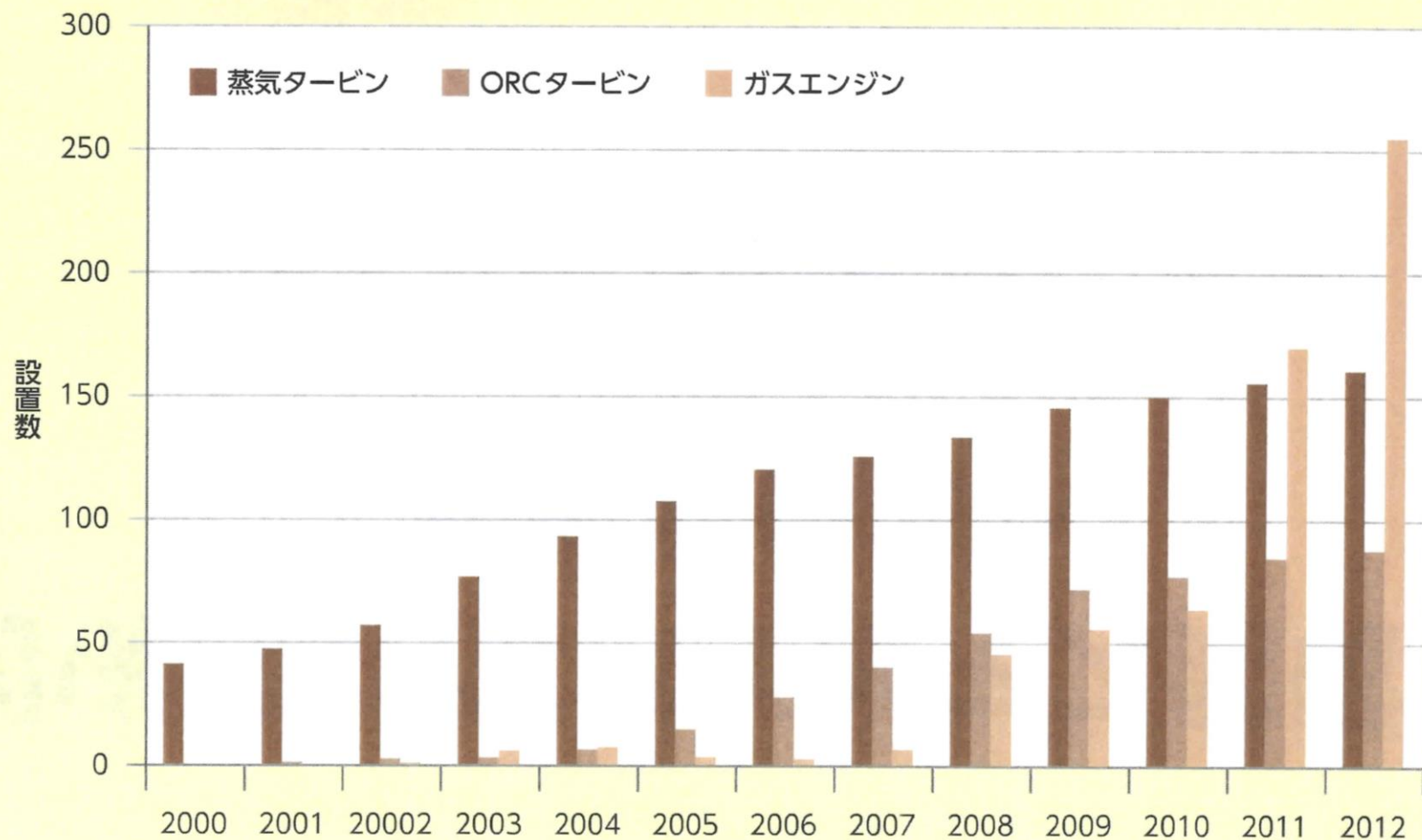
# ◎固定価格買取制度における木質バイオマスの買取価格



バイオマス	間伐材等由来の木質バイオマス		一般木質バイオマス・ 農作物残さ	建設資材 廃棄物	一般廃棄物 その他のバイオマス
	2,000kW未満	2,000kW以上			
調達価格	40円+税	32円+税	24円+税	13円+税	17円+税
調達期間	20年間	20年間	20年間	20年間	20年間

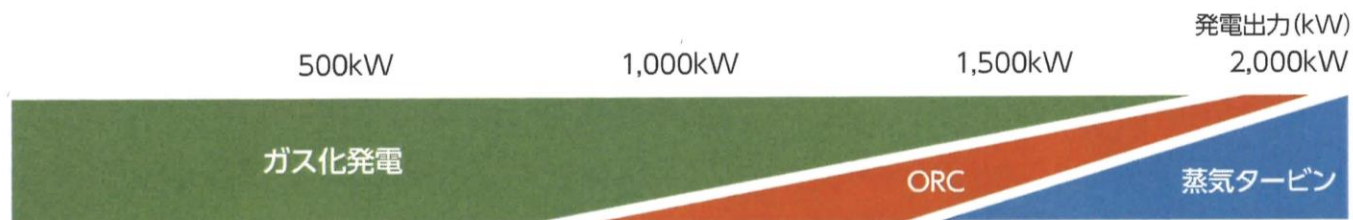
# ◎ドイツにおける小規模木質バイオマス発電の導入状況

ドイツの木質バイオマス発電方式別プラント数の推移



出典: ドイツバイオマス研究センター(DBFZ)

# ◎小規模木質バイオマス発電の出力規模と熱の特性



## 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

**温水(80℃～90℃)**

ORC: タービン冷却水  
ガス化発電: エンジン排熱

**高圧蒸気**

蒸気タービン: 抽気

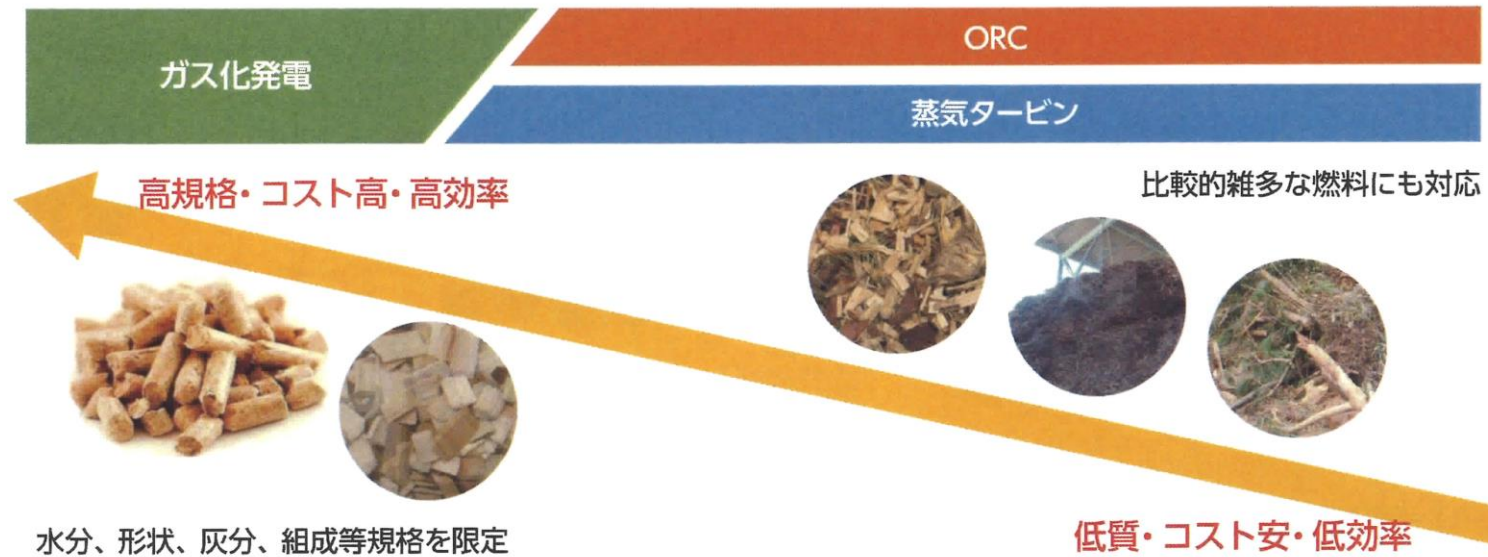
**低圧蒸気**

蒸気タービン: タービン排熱



# ◎小規模木質バイオマス発電の燃料要件

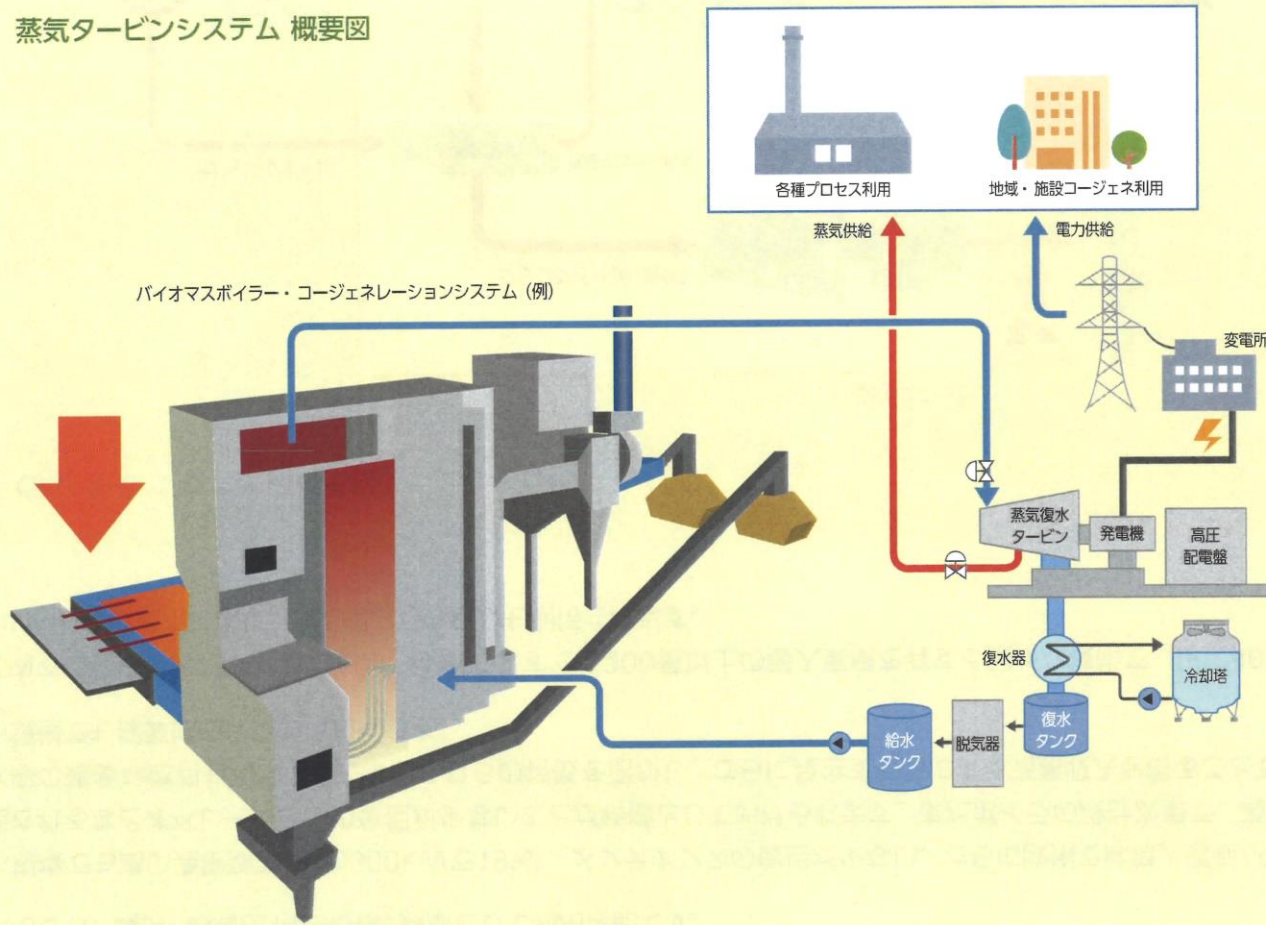
## 小規模発電技術の燃料要件



出典: バイオマスアグリゲーション

# ◎蒸気タービンシステム 概要・技術特性

蒸気タービンシステム 概要図

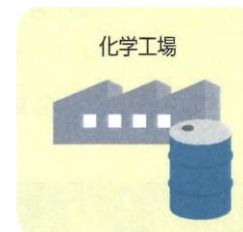
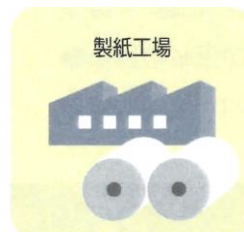
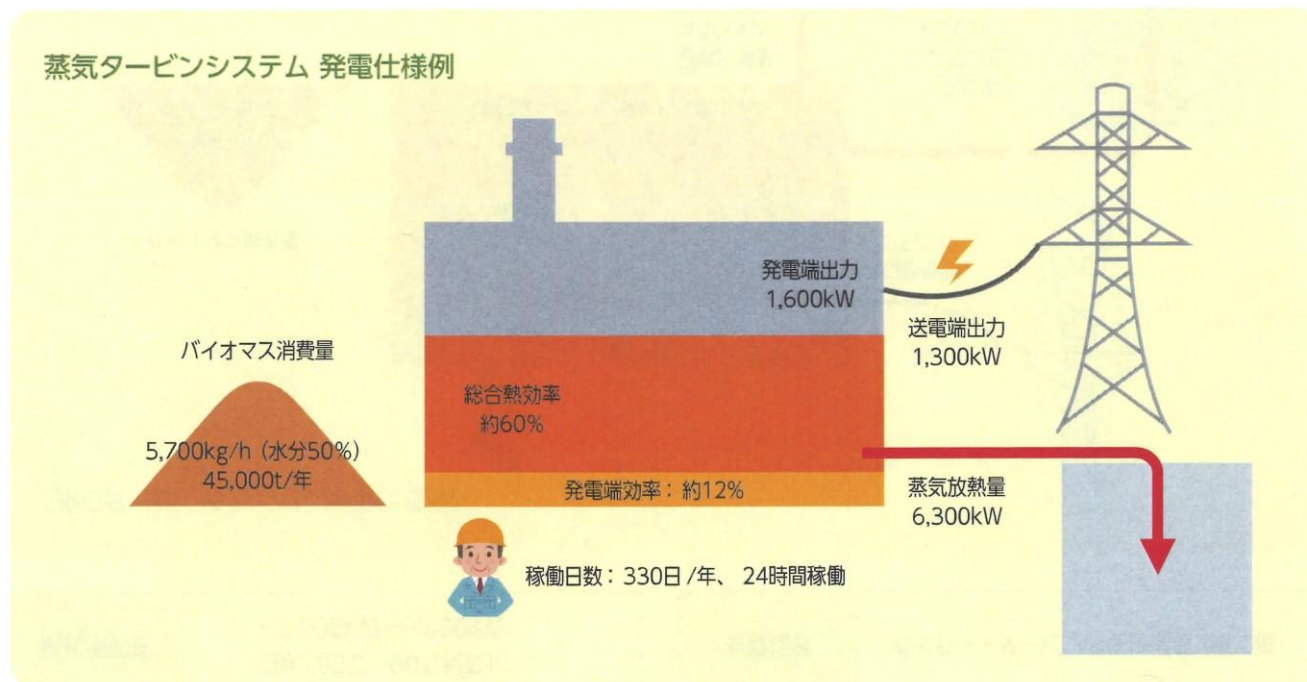


- 高い熱効率
- 安定したプラント稼働
- 長期連続運転が可能
- 各種熱需要を活用することで高効率化可能
- 高度な維持管理技術、メンテナンス体制構築済み
- 豊富な実績にもとづく高い設備稼働率

# ◎蒸気タービンシステム 導入要件・仕様例／導入イメージ

規模 / 形式	1,600kW/抽気復水式 蒸気タービン
接続要件	高圧電線に接続

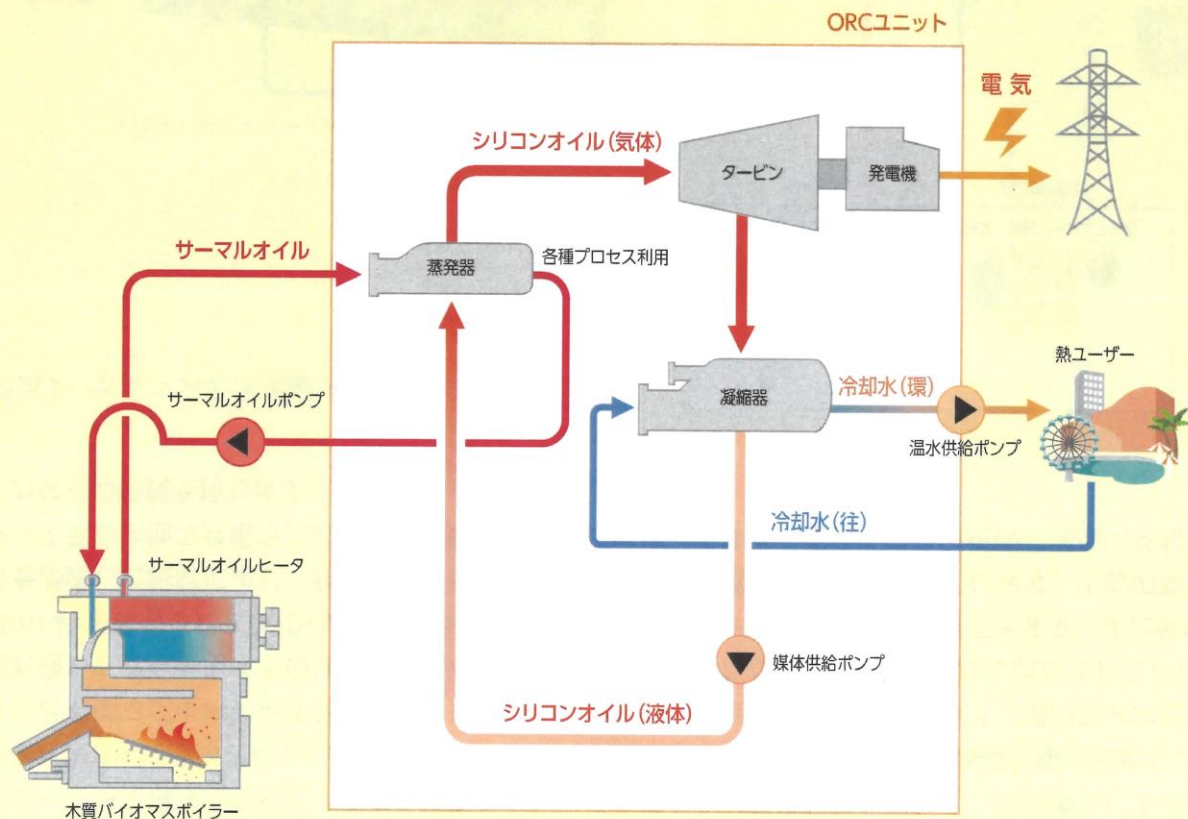
燃 料	木質チップ (水分50%)
有資格者	電気主任技術者 (第三種、外部委託可能) ボイラー・タービン主任技術者 (第二種)





# ◎ORCシステム 概要・技術特性

ORCタービンシステム 概要図

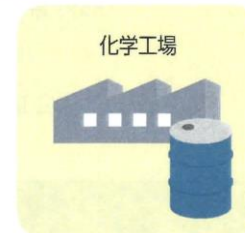
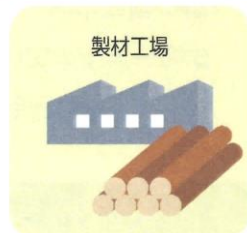
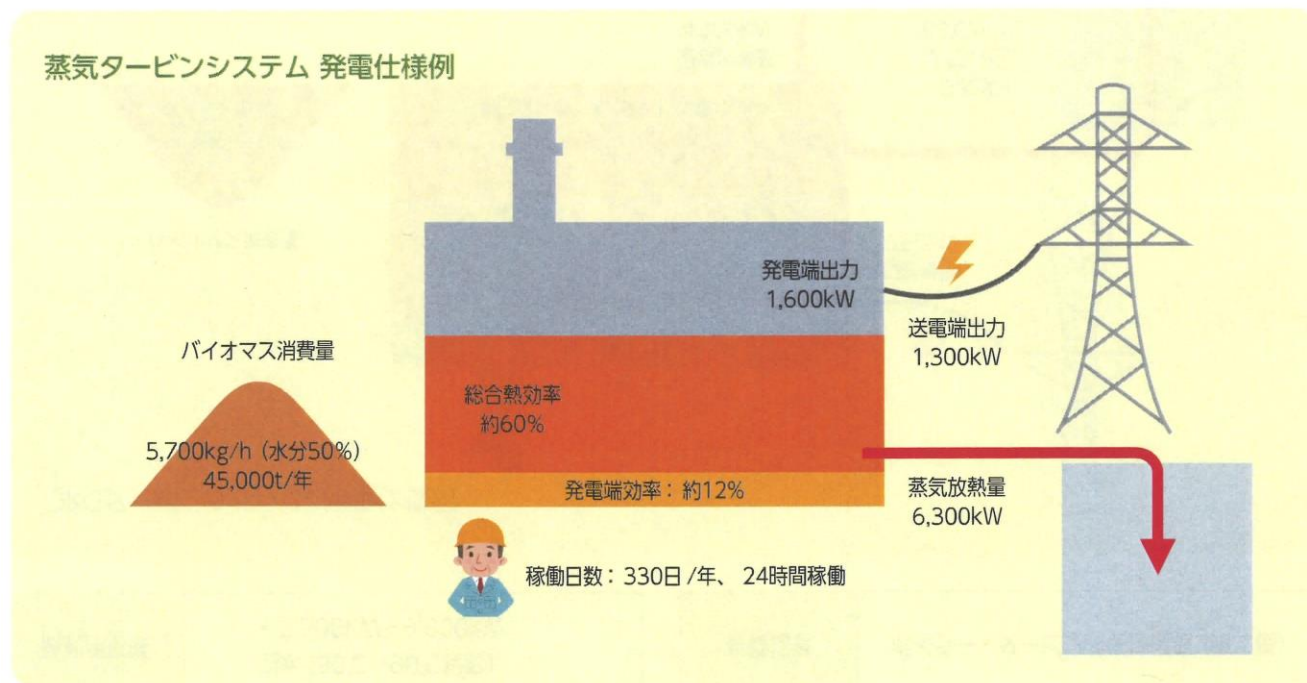


- 小規模でも高い発電効率
- 熱と合わせた高いエネルギー効率
- 低負荷運転に強く、出力変動の幅が広い
- 熱媒体の使用圧力が低く安全
- 機械的ストレスが低く、タービンの浸食もない
- 燃料の許容の幅が広い(ボイラ設計次第)
- 無人運転が可能(但し日本では常時監視が必要)

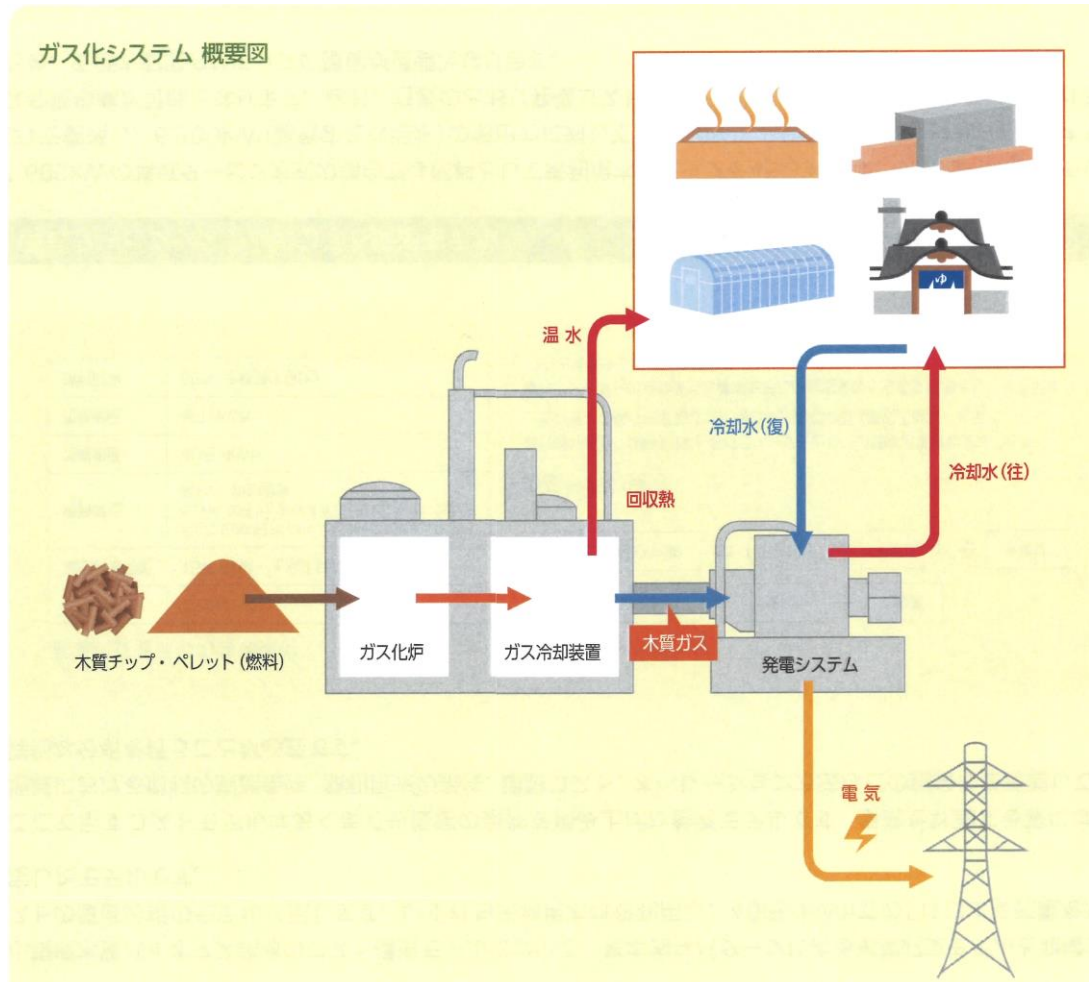
# ◎ORCシステム 導入要件・仕様例／導入イメージ

規模 / 形式	1,600kW / 抽気復水式 蒸気タービン
接続要件	高圧電線に接続

燃料	木質チップ (水分50%)
有資格者	電気主任技術者 (第三種、外部委託可能) ボイラー・タービン主任技術者 (第二種)



# ◎ガス化発電システム 概要・技術特性



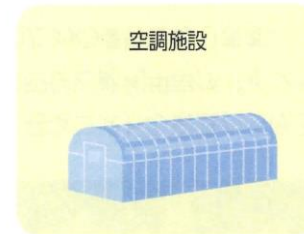
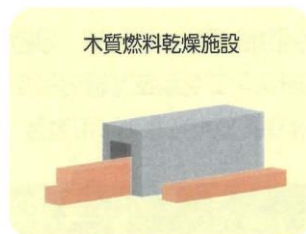
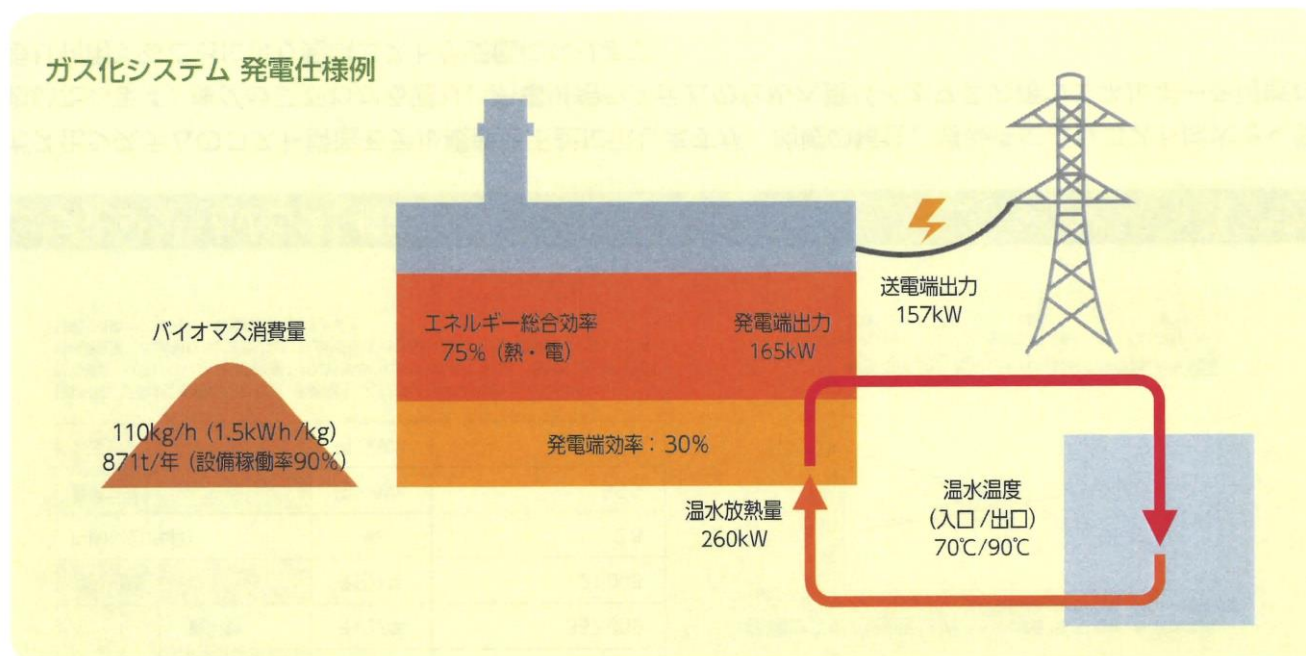
- 小規模でも発電効率は22～30%と高い
- 熱と合わせた総合エネルギー効率は70～80%と高い
- 炉内に可動機械部分がなく、機械的トラブルが少ない
- オペレーターの常駐が不要
- 必要な資格者は電気主任技術者のみ
- 設備がシンプルでコンパクトであり、設置面積が少ない
- 標準型設備を複数台並べることで、出力を増加することが容易



# ◎ガス化発電システム 導入要件・仕様例／導入イメージ

導入規模	発電出力：165kW
熱利用形態	温水(80℃～90℃程度) 260kW

燃料	木質ペレット(EN plus A1規格)
----	----------------------





# ◎小規模木質バイオマス発電 事業収支モデル（条件）

## 事業収支モデルの共通条件

稼働時間	7,920h/年
減価償却期間	15年(設備・土木建築共に)
燃料単価	チップ: 9,000円/t (LHV 2,010kcal/kg、水分率 50%) ペレット: 30円/kg (LHV 4,300kcal/kg、水分率 10%以下) ※LHV: 低位発熱量
売電単価	40円 /kWh
売熱単価	6円 /kWh
熱利用率	60% (全熱発生量比)

## 発電コストの考え方

$$\text{発電コスト(熱収入勘案なし)} = \frac{\text{費用計}}{\text{売電量}}$$

$$\text{発電コスト(熱収入勘案)} = \frac{(\text{費用計} - \text{売熱収入})}{\text{売電量}}$$

## 感度分析の見方

- 「燃料単価」「熱利用率」をパラメーターとして、基本の事業収支モデルからそれぞれの条件を変動させた場合の、発電単価（熱収入勘案）を示す。
- パラメーターの変動条件は基本モデルの設定条件からの変動率として%で示す。  
(たとえばチップ単価は基本モデル: 9,000円/t ⇒ +20% : 10,800円/t)

# ◎蒸気タービンシステムのコスト構造モデル

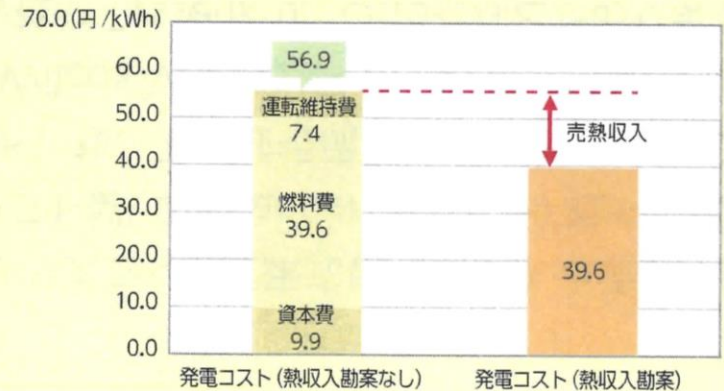
## 蒸気タービンシステムの事業収支モデル

売上	売電収入	千円/年	412,000
	売熱収入	千円/年	178,000
	売上計	千円/年	590,000
費用	資本費	千円/年	102,000
	燃料費	千円/年	408,000
	運転維持費	千円/年	76,000
	費用計	千円/年	586,000
営業利益		千円/年	89,000
P-IRR (プロジェクトIRR・20年目)		%	0.5
発電コスト		円/kWh	56.9
発電コスト(熱収入勘案)		円/kWh	39.6

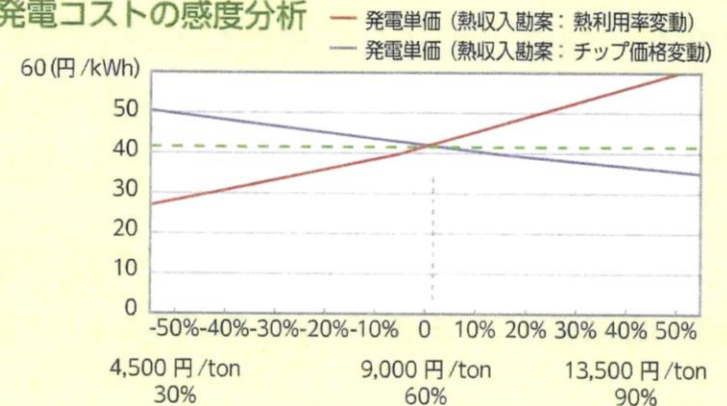
### 【諸条件】

収支は事業期間 20年平均、稼働時間：7,920h、年間売電量：10,296MWh、売電単価：40円/kWh  
 燃料消費量：45,000t/年、燃料単価：9,000円/t(生チップ)、初期投資額：17億円

## 蒸気タービンシステムの発電コストモデル



## 発電コストの感度分析



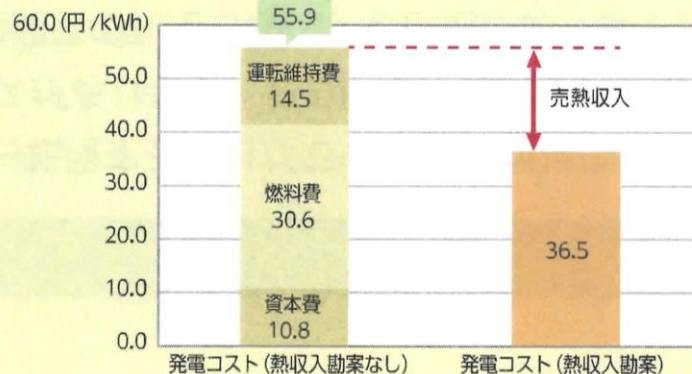
# ◎ORCシステムのコスト構造モデル

ORCシステム(発電出力1,000kW)の事業収支モデル

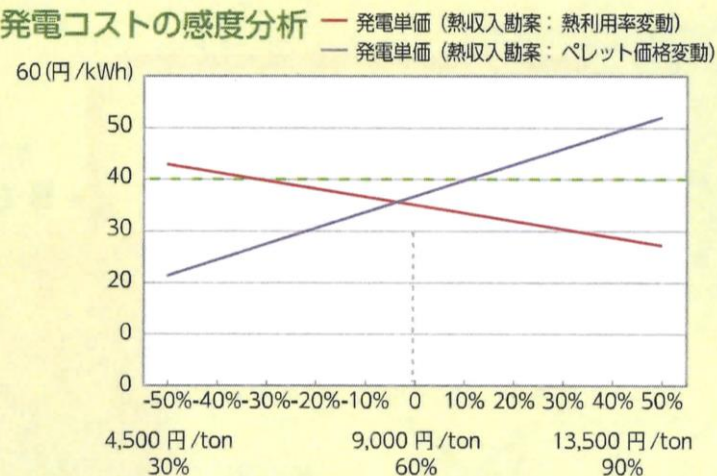
売上	売電収入	千円/年	241,000
	売熱収入	千円/年	116,000
	売上計	千円/年	358,000
費用	資本費	千円/年	65,000
	燃料費	千円/年	184,000
	運転維持費	千円/年	88,000
	費用計	千円/年	337,000
営業利益		千円/年	21,000
P-IRR (20年目)		%	2.8
発電コスト		円/kWh	55.9
発電コスト(熱収入勘案)		円/kWh	36.5

【諸条件】 収支は事業期間20年平均、稼働時間：7,920h、年間売電量：6,033MWh、  
 売電単価：40円/kWh、年間売熱量：19,393MWh、熱利用率：60%、売熱単価：6円/kWh、  
 燃料消費量：20,491t/年、燃料単価：9,000円/t (50%W.B.)、燃料発熱量：2,010kcal/kg、  
 初期投資額：13億円、P-IRRは終末処理含まず

ORCシステム(発電出力1,000kW)の発電コストモデル



発電コストの感度分析





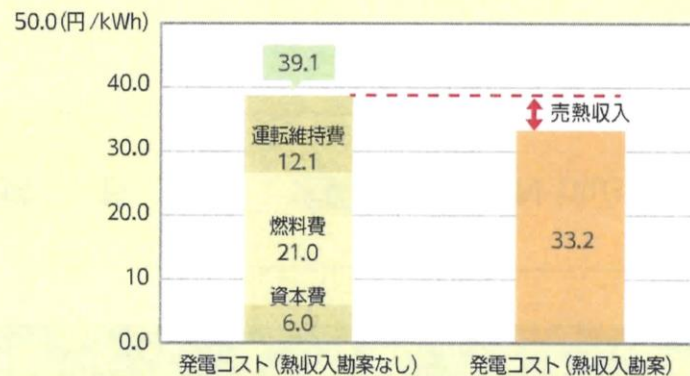
# ◎ガス化発電システムのコスト構造モデル

## ガス化システム(発電出力165kW)の事業収支モデル

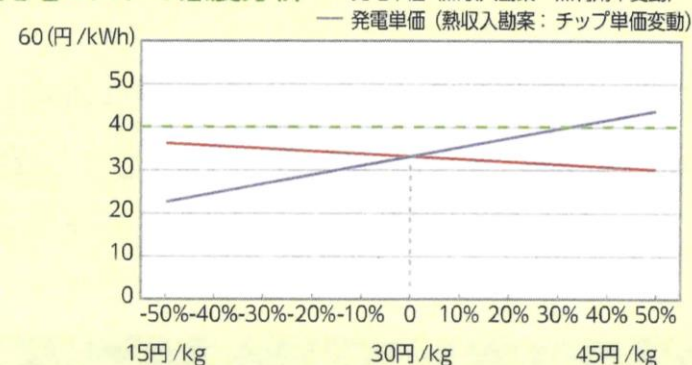
売 上	売電収入	千円/年	50,000
	売熱収入	千円/年	7,000
	売上計	千円/年	57,000
費 用	資本費	千円/年	7,000
	燃料費	千円/年	26,000
	運転維持費	千円/年	15,000
	費用計	千円/年	48,000
営業利益		千円/年	9,000
P-IRR (20年目)		%	7.2
発電コスト		円/kWh	39.1
発電コスト(熱収入勘案)		円/kWh	33.2

【諸条件】 収支は事業期間20年平均、稼働時間：7,920h、年間売電量：1,243MWh  
 売電単価：40円/kWh、燃料消費量：871t/年、燃料単価：30円/kg (10%W.B.)、  
 燃料発熱量：4,300kcal/kg、初期投資額：1.5億円、P-IRRは週末処理含まず

## ガス化システム(発電出力165kW)の発電コストモデル



## 発電コストの感度分析



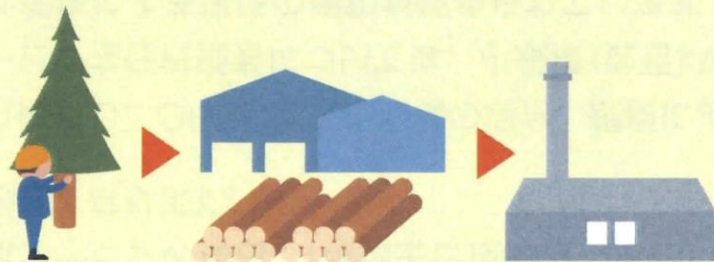


# ◎小規模木質バイオマス発電事業化のポイント①

## 燃料のサプライチェーンの構築

小規模発電では、大規模発電と比較するとより安価に燃料を調達することが求められます。集荷エリアをコンパクトに絞り込み、リーズナブルに安定調達するためのサプライチェーンを構築することがポイントです。

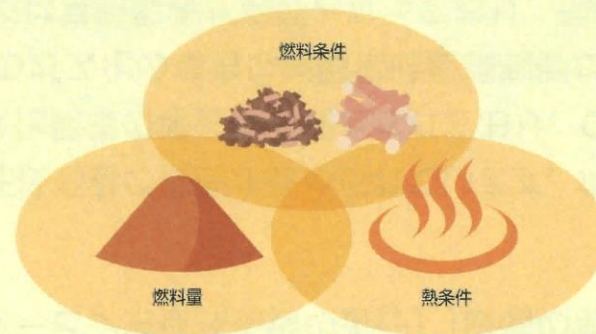
ガス化発電の導入を想定している場合は、求められる燃料規格に対応するための原料の確保や加工拠点との連携を考えていくことも必要です。



## 条件を踏まえた技術選択

燃料の調達規模や調達可能な燃料の種類(生チップ、乾燥チップ、ペレットなど)、熱需要の規模や種類(蒸気、温水)、性状(温度、圧力)など、導入場所の条件を踏まえた技術選択をすることがポイントです。

また小規模木質バイオマス発電は、開発段階、実証段階の技術も多いため、実績ある技術を選択することも重要です。



## ◎小規模木質バイオマス発電事業化のポイント②

### 熱のデマンドサイドからの事業構築

小規模発電では、発生する熱の売熱価格が採算性確保の上でのポイントとなります。一定の熱需要が見込めるサイトでの事業化検討、あるいは熱ユーザーが自ら事業を行うなど、デマンドサイドから事業を構築することが有効です。



### 採算性を踏まえた燃料選択の最適化

FIT制度による売電価格とは異なり、売熱の単価は燃料区分によらず一定の単価となります。熱電合わせた事業収支を考えると、未利用木材にこだわらず一般木材を利用した方が優位なケースも考えられます。地域の木材の流通状況や価格をよく調べて、採算性を踏まえて燃料選択をすることがポイントです。





# ◎小規模木質バイオマス発電事業化のポイント③

## 相対での熱供給契約

発電システムから発生する熱の売熱は、基本的には発電事業者と熱需要者との相対による供給契約となります(一部、熱供給事業法の適用事業を除く)。料金メニュー、契約期間、供給責任などの条件を双方で取り決めていく必要があります。原燃料の市場価格変動リスクや熱供給先の脱退リスクなども加味して、適切な契約条件を策定することが重要です。



料金メニュー



契約期間



供給責任



価格変動リスク  
熱供給先の脱退リスク  
etc.

## まちづくりと一体となった事業形成

地域資源であるバイオマスを活用して地域により大きな効果を生み出していくためには、まちづくりと一体となって、システムの各段階で丁寧な仕組みづくりを行うことが有効です。原料調達はさることながら、プラント運営に係る地域主導の体制構築や熱の利用サイドにおける地域産業振興など、あらゆる工夫をすることで、地域活性化、地方創生にも大きな効果が期待されます。



## 小規模木質バイオマス発電導入促進調査 調査スタッフ

◎ 熊崎 実 (一社)日本木質バイオマスエネルギー協会 会長

(蒸気・タービン システム)

宮島 欣幸 株式会社タクマ

西山 昭雄 中外炉工業株式会社

(ORC システム)

久木 裕 株式会社バイオマスアグリゲーション

(ガス化発電 システム)

竹林 征雄 バイオマス産業社会ネットワーク 副理事長