



ポストFITを考慮した木質バイオマス 発電の方向性 ～発電タイプごとのコスト構造と将来のコスト 低下の可能性～

中外炉工業株式会社
環境・バイオマスグループ
笹内謙一

技術士（総合技術監理部門／衛生工学・廃棄物管理）

平成30年10月18日
バイオマス産業社会ネットワーク第178回研究会

加速するバイオマス発電と進めぬ未利用バイオマス活用



出典：経済産業省
 「調達価格算定委員会平成30年度以降の調達価格等に関する意見」
<http://www.meti.go.jp/report/whitepaper/data/20180207001.html>

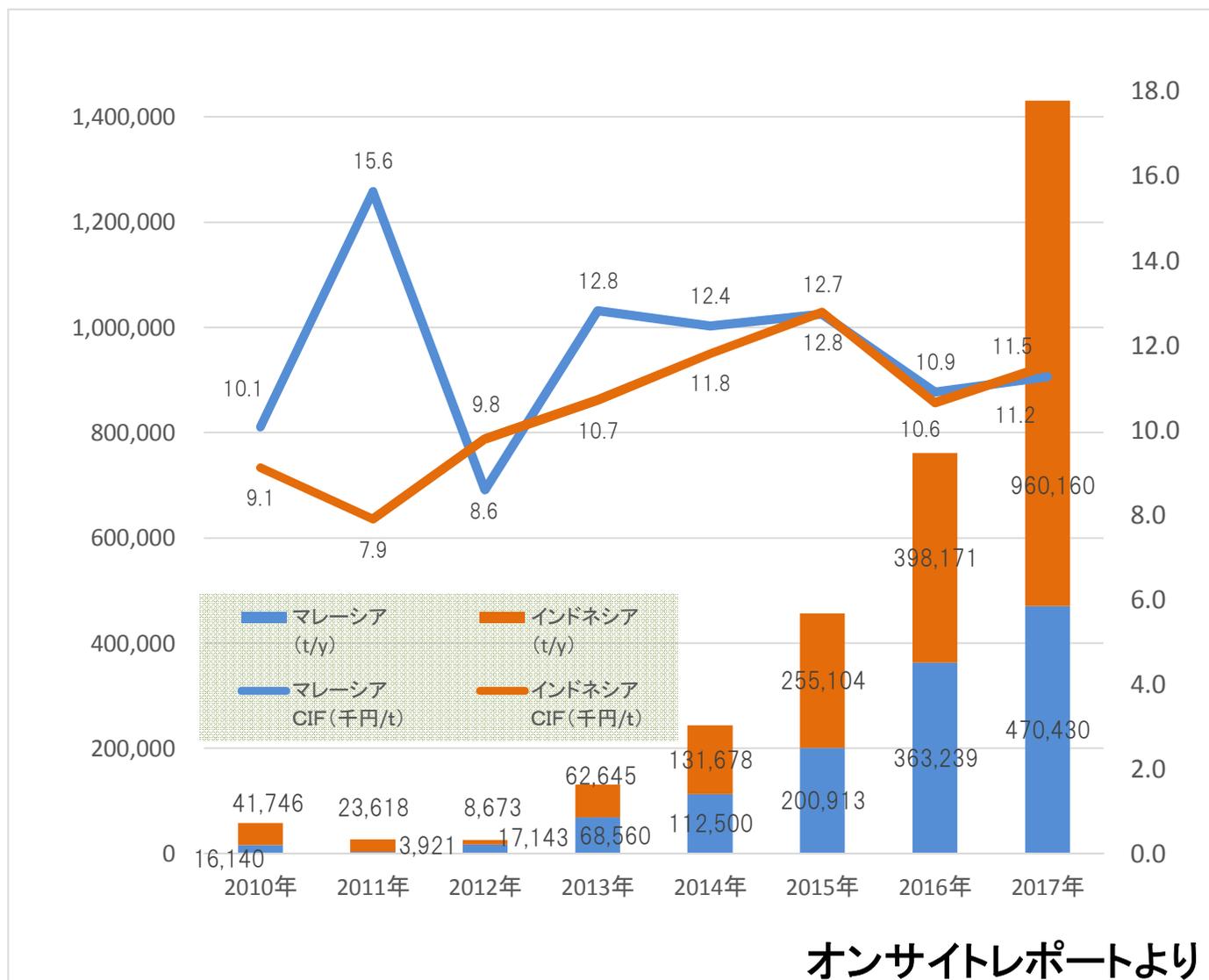
バイオマス発電の各種コストの構造 必要コストー原材料編

伸びる海外バイオマス輸入(PKS)

ChugaiRo

輸入量
(トン)

CIF価格
(千円)



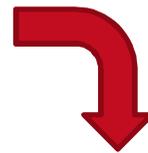
オンサイトレポートより
<http://www.taki-repo.com/>

- 価格は概ね11000円／トン前後で安定
+ 輸送費（距離によるがトン1000円～2000円）
= 13000円程度と推定される
- ただし長期契約にすると価格は上昇する
- 安定的な量の確保が当面は可能？
でもパーム油の量から逆算して800万トンが限界？
- 含水率は20%程度と乾いている
- 発熱量は16MJ／kgで安定

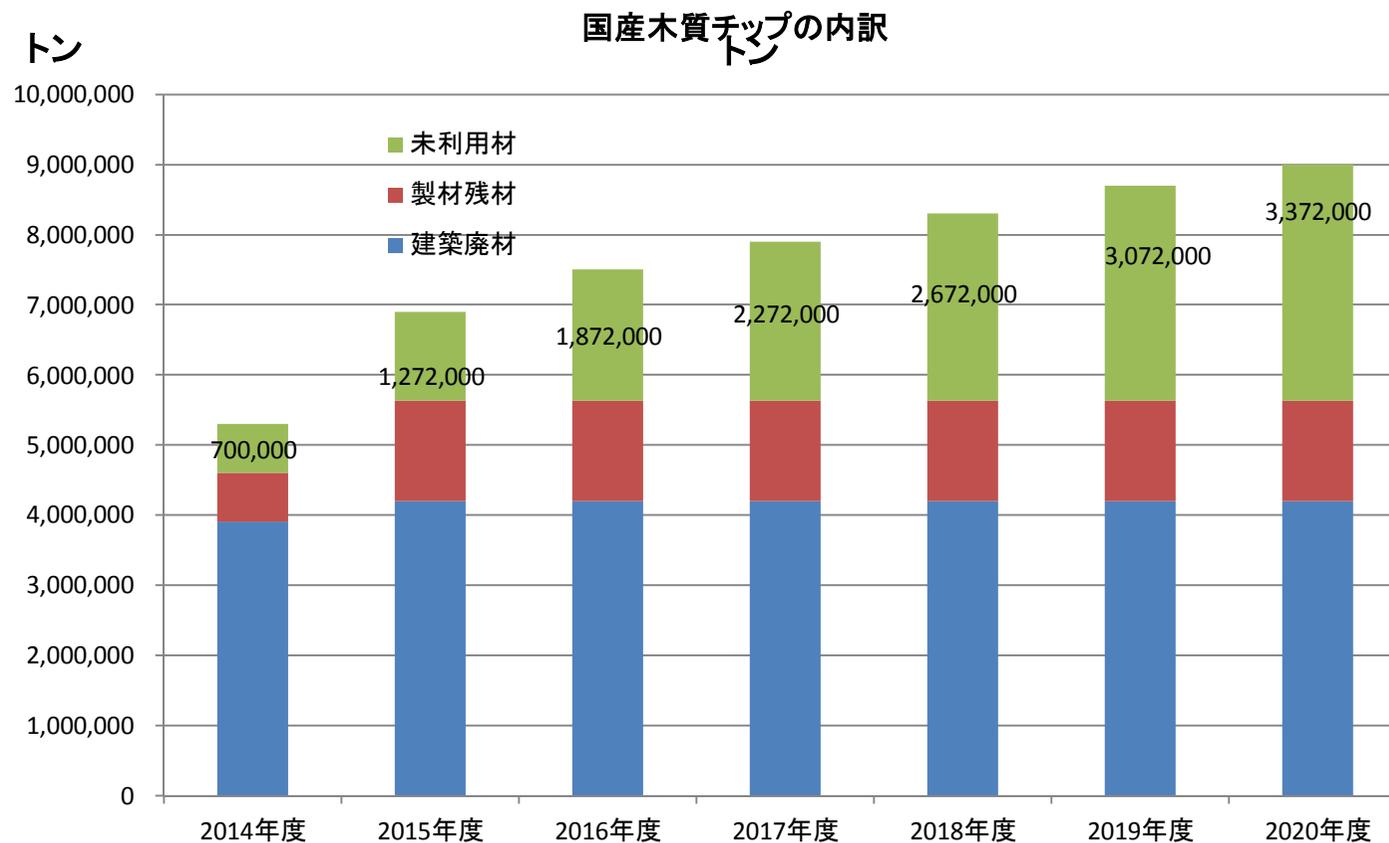
PKS混焼の場合は水分調整剤として使われている

20%wetのPKSを未利用材に混ぜて平均の含水率を下げる

1. 経験と勘で平均が一定しない
2. 売電単価の安いPKSを混ぜるのでFITの売上が下がる



- ▶ 大型のバイオマス発電所の稼働に合わせて、木質ペレット、PKSの輸入が急増すると予想されているなか
伸び率はそれらには劣るが未利用間伐材や林地残材の供給も増加すると予想されている

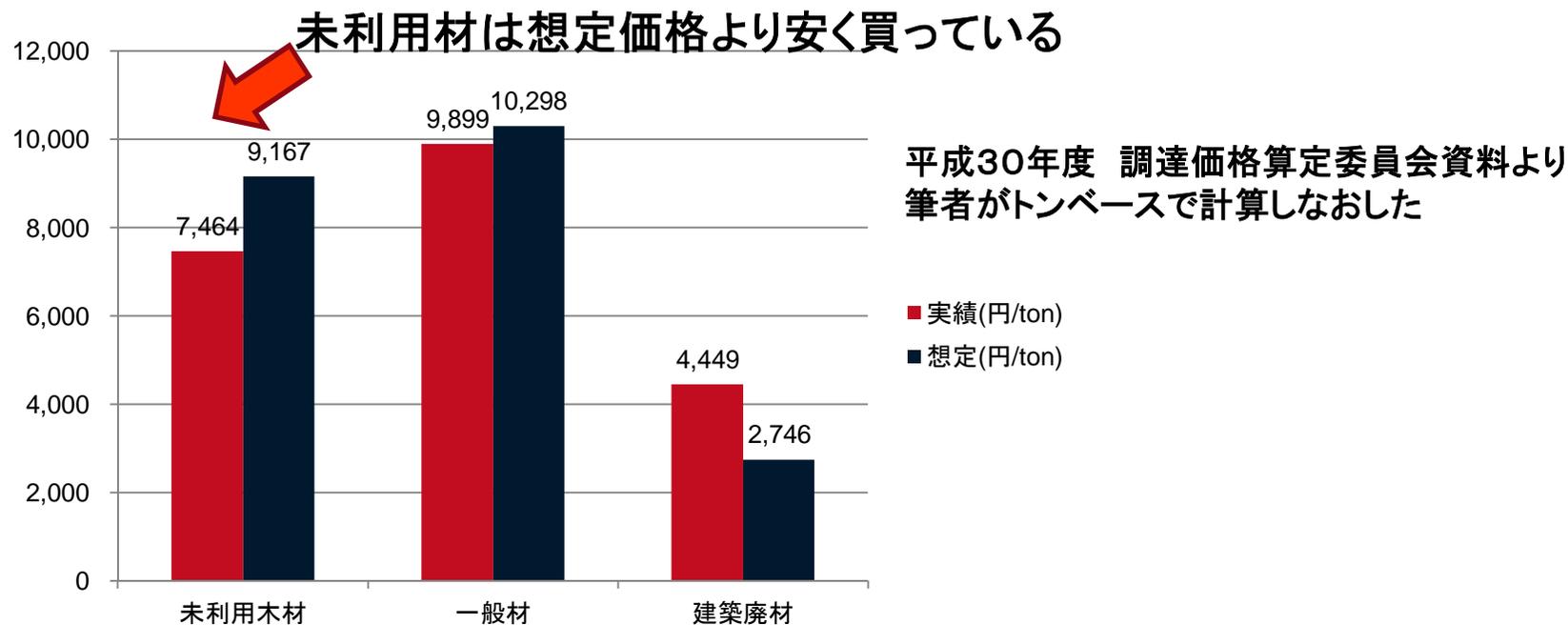


出典：富士経済2017年版バイオマス利活用技術・市場の現状と将来展望

FIT価格算出想定時より安い未利用材チップ価格

	含水率	GJ/ton	実績		想定	
			¥/GJ	¥/ton	¥/GJ	¥/ton
未利用木材	50%	7.6	977	7,464	1200	9,167
一般材	20%	13.7	721	9,899	750	10,298
建築廃材	20%	13.7	324	4,449	200	2,746

FIT発足時は¥/0.1tonだった



原木	チップ化	輸送(50km)	合計
3,500~7,000	2,000~3,000	5,000	10,000~15,000

25トン車で輸送

バイオマスチップ業者よりヒアリング

	地拵え	植栽	下刈・除伐	間伐	主伐	間伐計	主伐計
スウェーデン	195	520	416	910	1,352	2,041	2,483
日本(平均)	2,561		3,133	2,938	5,629	8,632	11,323
					単位 円/トン		

1. 遅れている路網整備
2. 高性能林業機械の未普及
3. 担い手の不足(林業従事者の減少と高齢化)



想定より安くバイオマス材を買い取る結果、ますます育たない悪循環

出典:国立研究開発法人科学技術振興機構
 低炭素社会戦略センター
 木質バイオマス燃料のコスト低減
 ー林業素材生産コストの機械化推進による低減効果ー

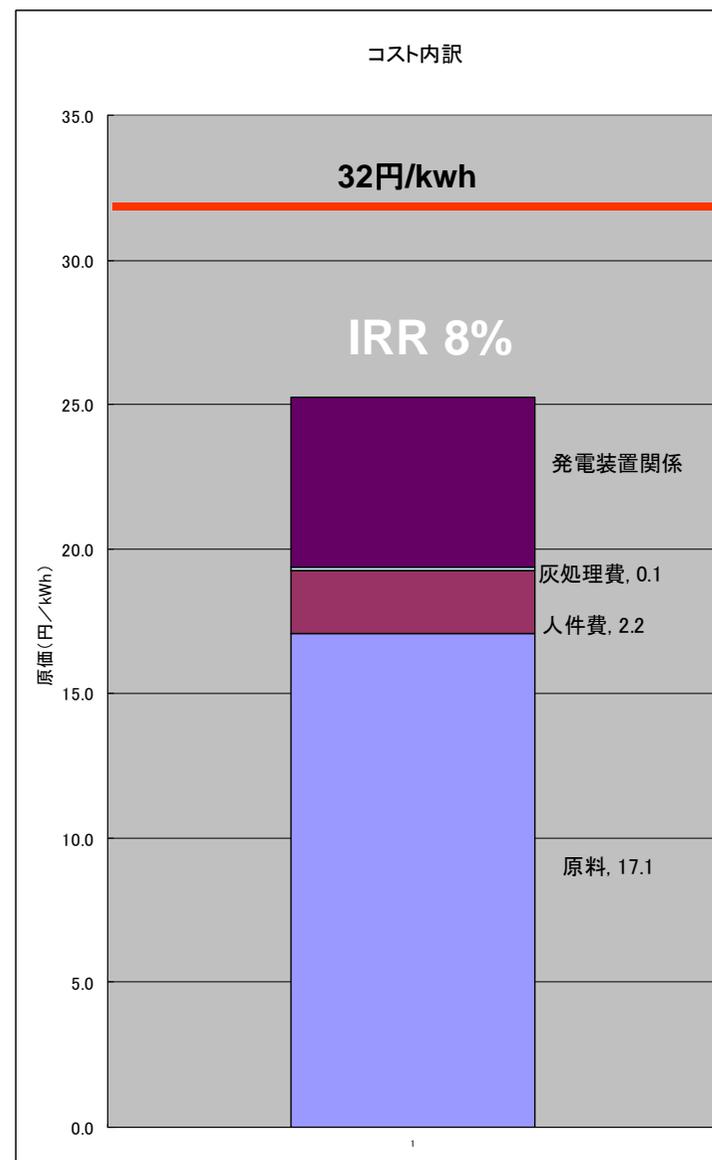
未利用材(間伐材)

前提条件

原料単価	12,000	円/ton
原料含水率	40	%
原料灰分率	1	%
発電設備価格	40	万円/kW
発電量	5,000	kW
発電効率	26	%
熱効率	0	%
所内動力率	26	%
運転人員	12	人

(補助なし 20年減価償却)

そもそもはこうだったはず……



総事業費 FIT想定 23億3700万円(実態 28.5億円)
内訳

- | | |
|---------------|------------|
| 1. プラントEPC費用 | 18億円(20億円) |
| 2. 土木建築 | 3億円(3億円) |
| 3. 特別高圧系統連系 | 2億円(3億円) |
| 4. その他(給排水等他) | 残 |

発電規模が大きくなっても2や3はそんなに増加しない
しかも大きいと発電効率はどんどん上がる

発電事業者の論理

こっちは40%で計画してるのに含水率が50%以上と高くまた振れ幅が大きいから、燃料リスクが大きい。所定の発電量や稼働率を維持することが大変。

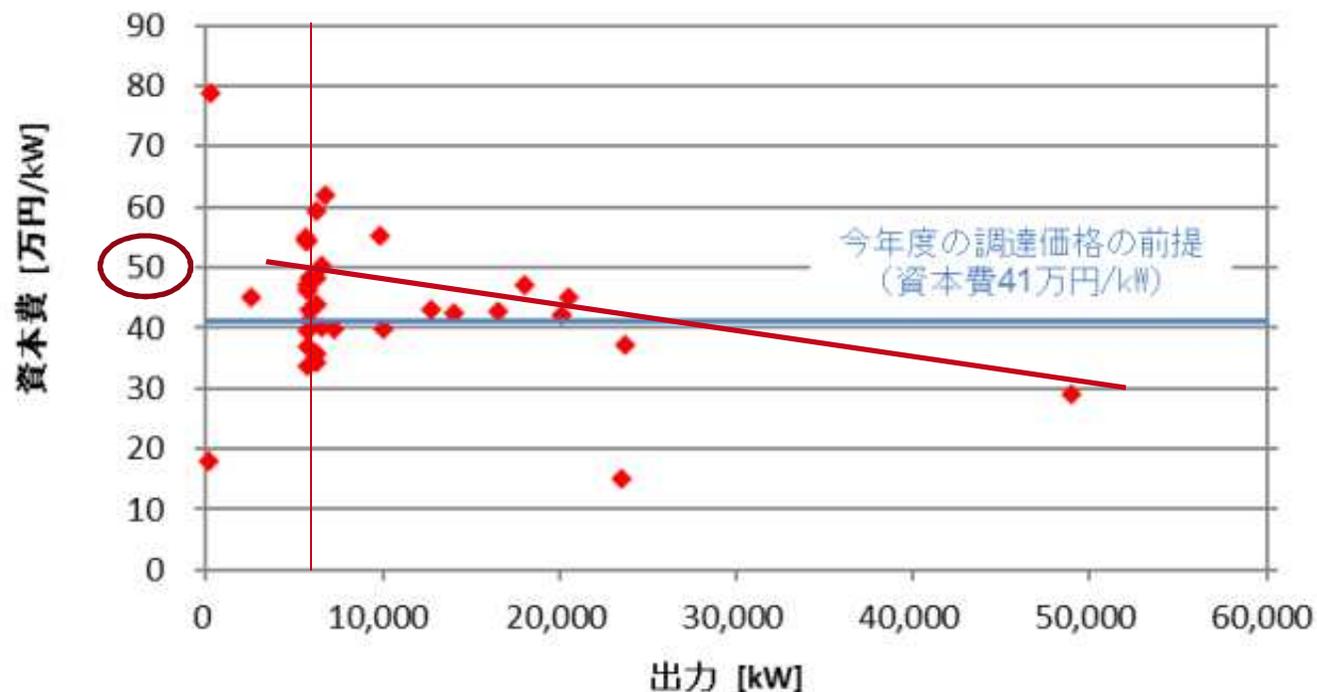
材供給者の論理

含水率管理なんて出来ないし、トラック1車、m3いくらで買ってくれたらいい。製紙チップはそうだ。地元振興を言うならとやかく言わず高く買え。

ちゃんと トン12000円以上 で買ってあげて、それでも廻る発電事業をやりましょう

バイオマス発電の各種コストの構造 必要コストープラント設備編

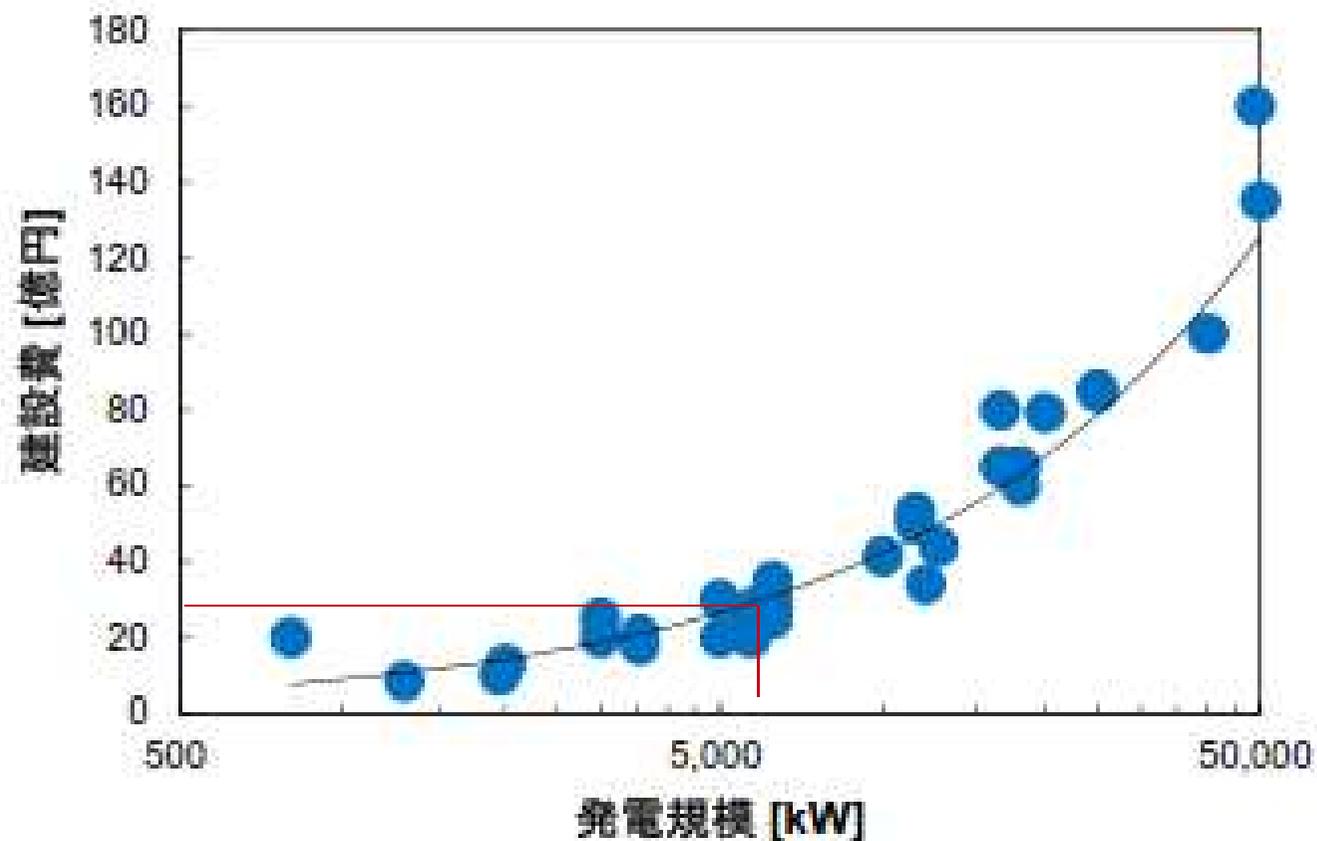
直接燃焼蒸気タービン(BTG)



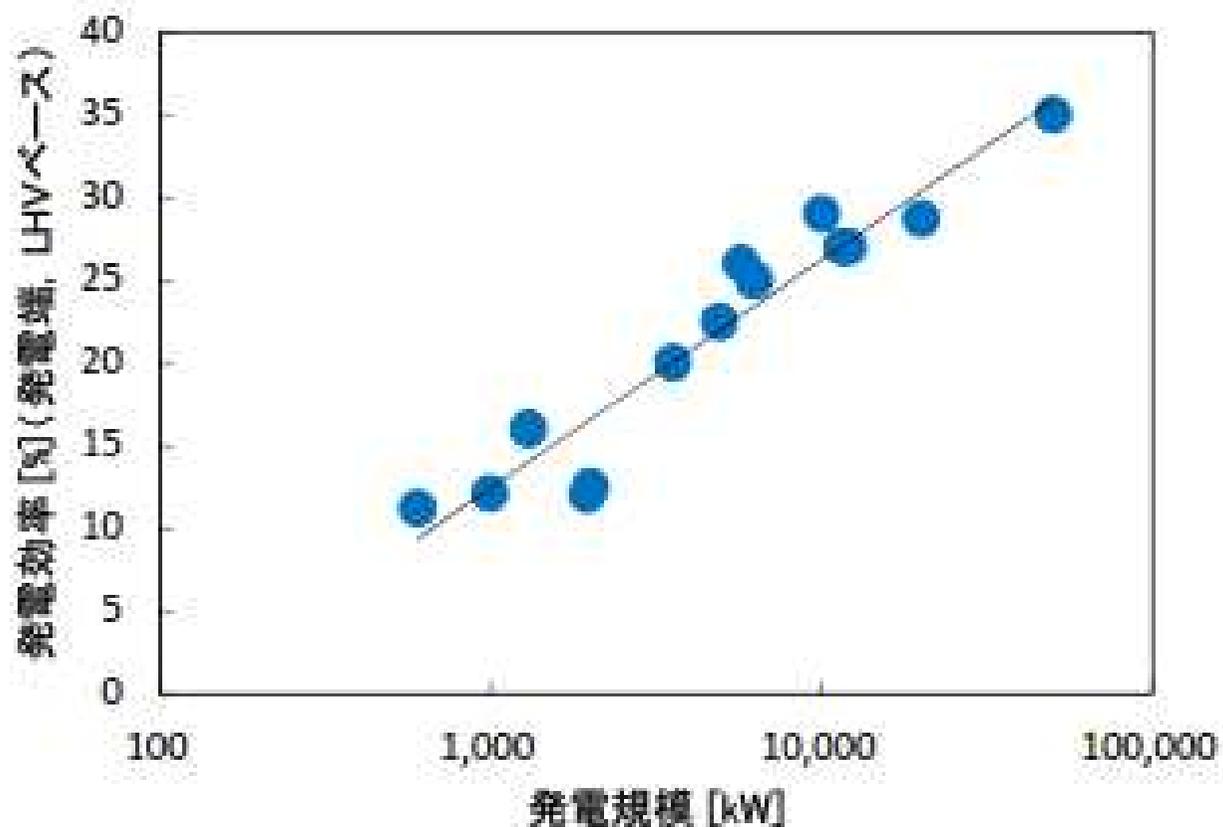
(2,000kW未満未利用材及び建築資材廃棄物を除く)

経済産業省 平成30年度以降の調達価格等に関する意見の 資本費より

直接燃焼蒸気タービン(BTG)



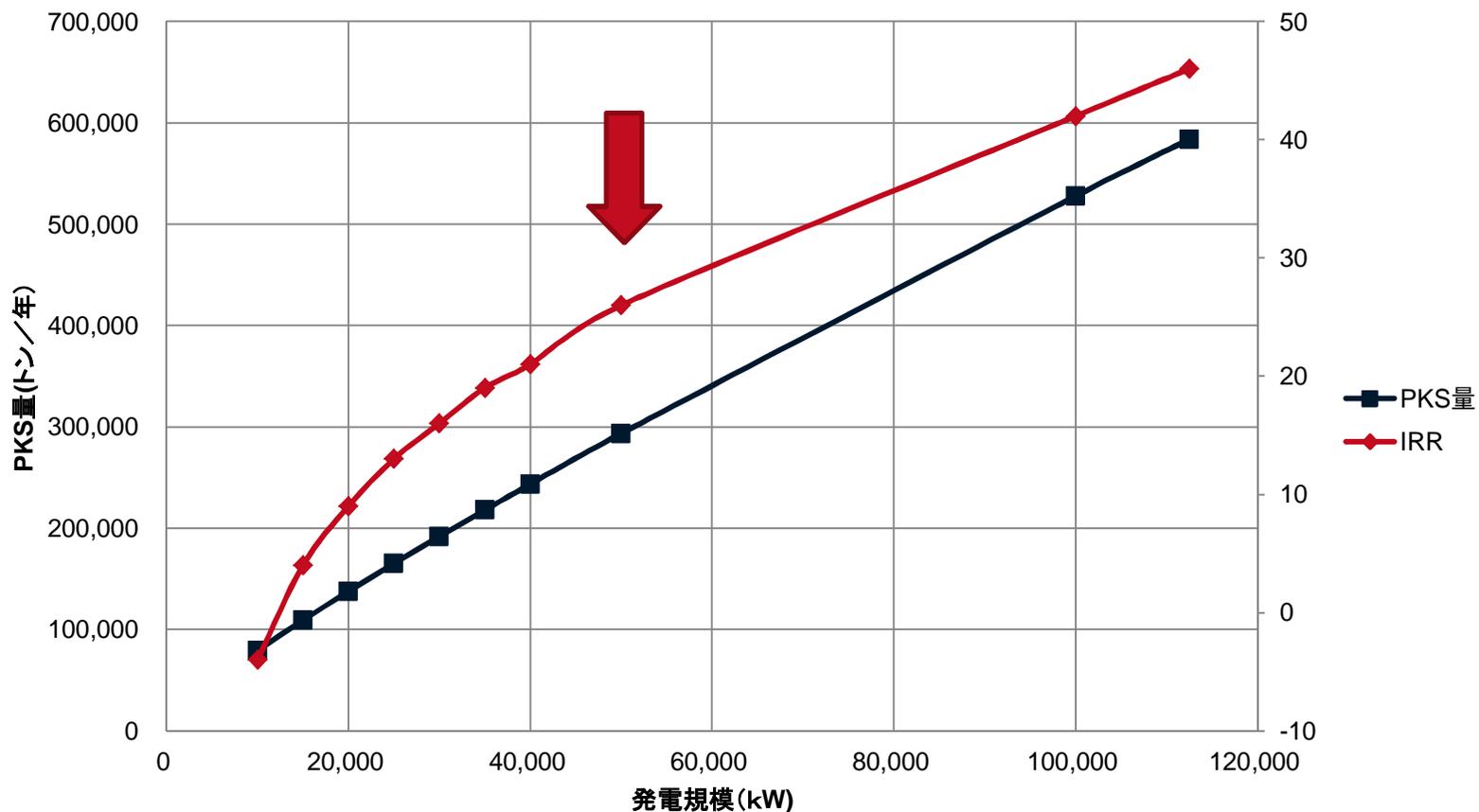
森林総研 木質バイオマス発電事業採算性評価ツール 利用マニュアルより



森林総研 木質バイオマス発電事業採算性評価ツール 利用マニュアルより

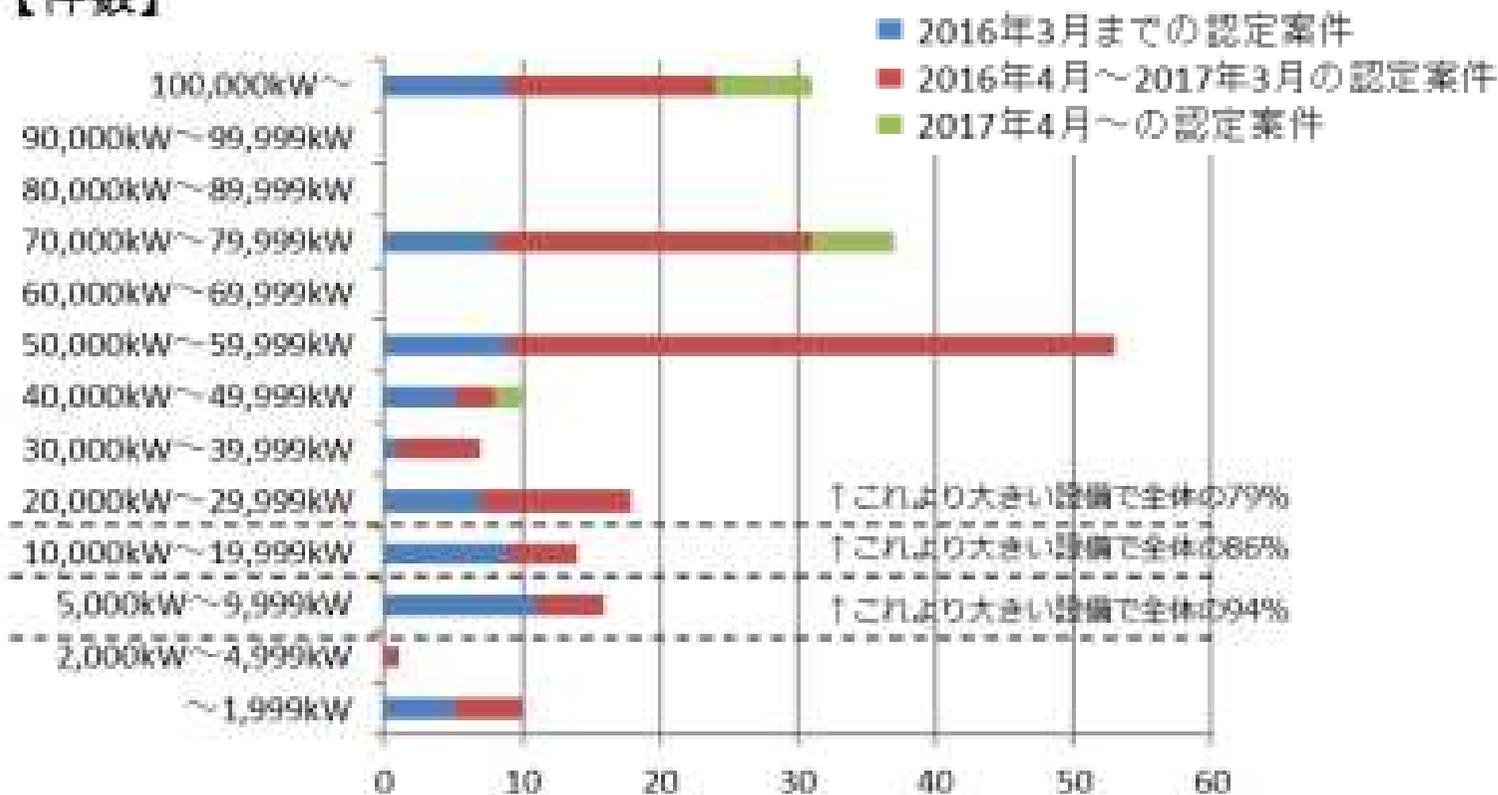
やっぱりプラントは大きい方がいい

PKS 24円における発電規模別のIRR (PKSはトン15000円)



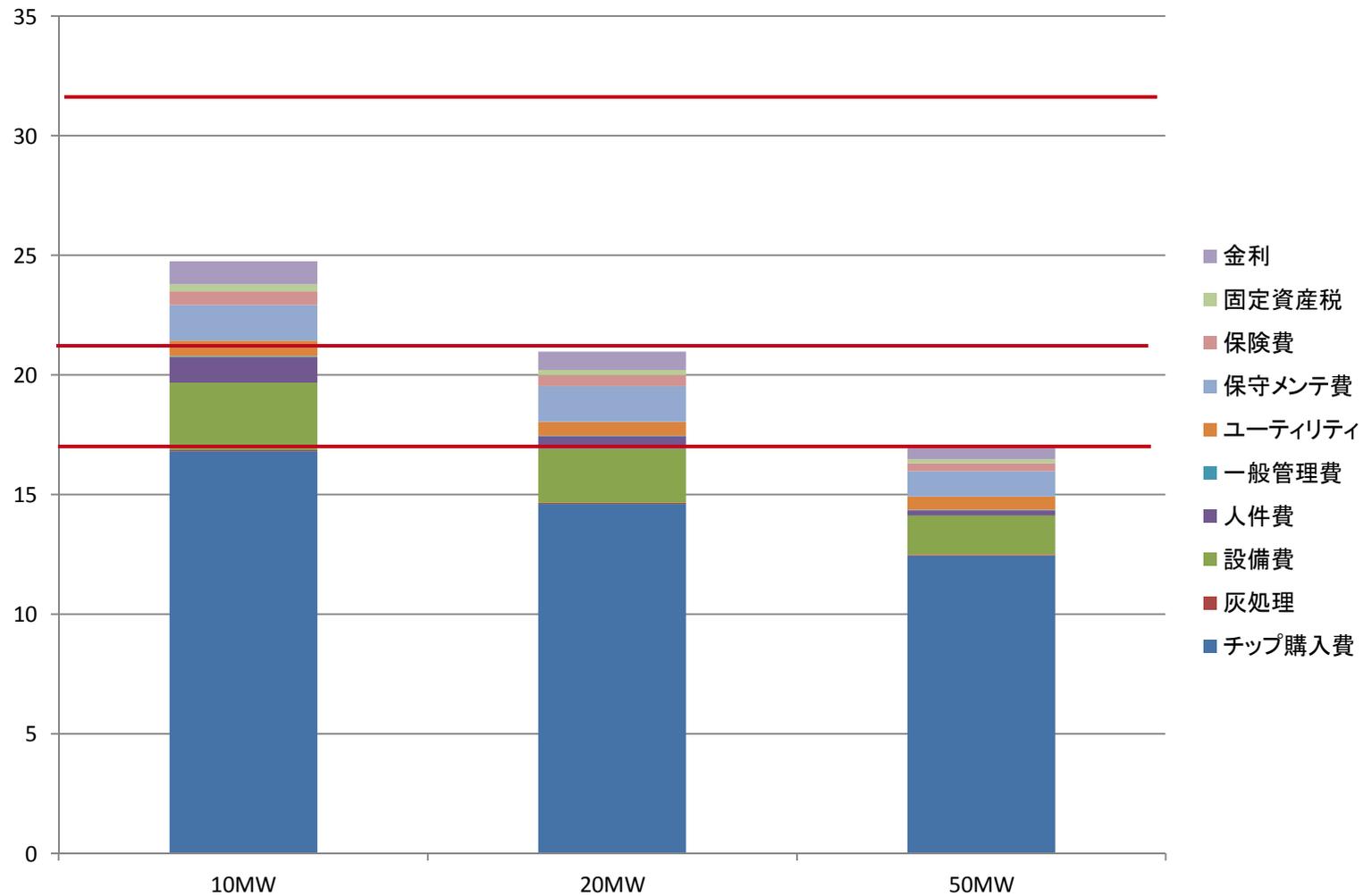
森林総研 木質バイオマス発電事業採算性評価ツール デフォルト値で計算

【件数】



経済産業省 平成30年度以降の調達価格等に関する意見
木質バイオマス規模別認定料より

事業コスト内訳



森林総研 木質バイオマス発電事業採算性評価ツール デフォルト値で計算

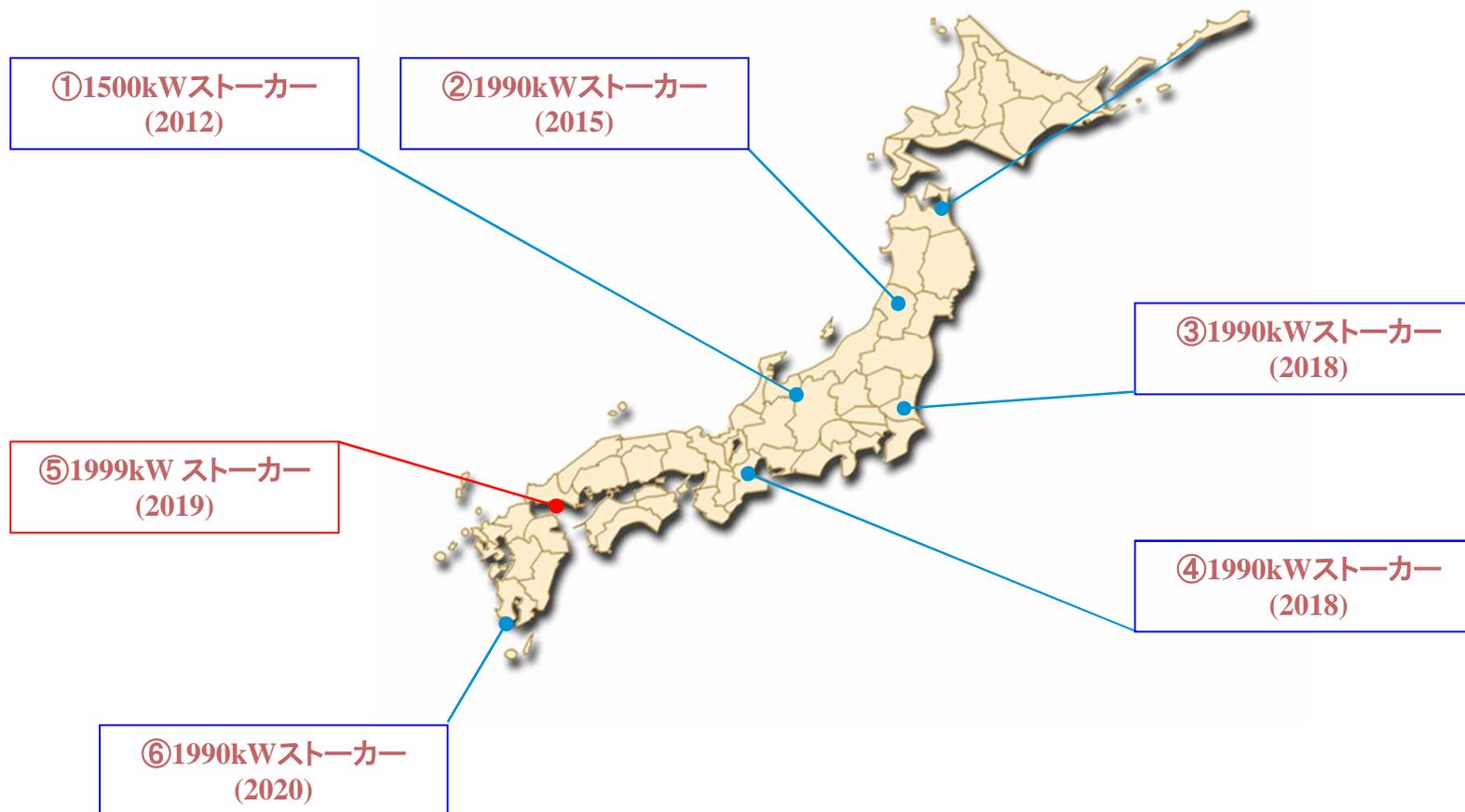
一般材の1万kW以上は平成30年度より入札制度に移行
仮にその他バイオマスの17円とした場合はPKSで10万
kWでも赤字となる → 入札制度後やFIT後は厳しい

大型のFITバイオマスは今後石炭＋ペレット（輸入、国産）
の混焼に移行すると考えられる

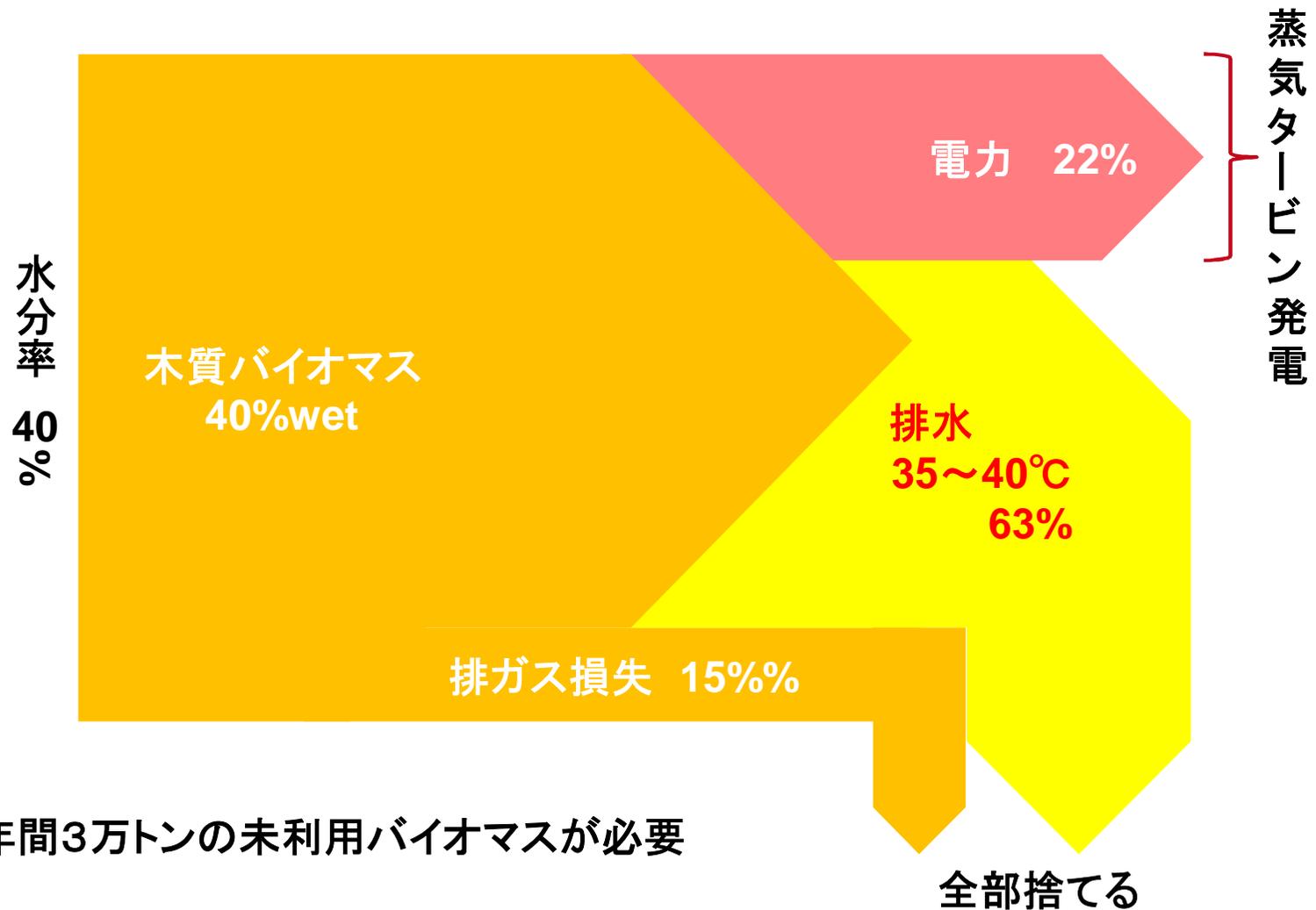
これからの主役は2MW未満未利用材（40円）か……？

あまり広がらない40円FIT蒸気タービン発電

ChugaiRo

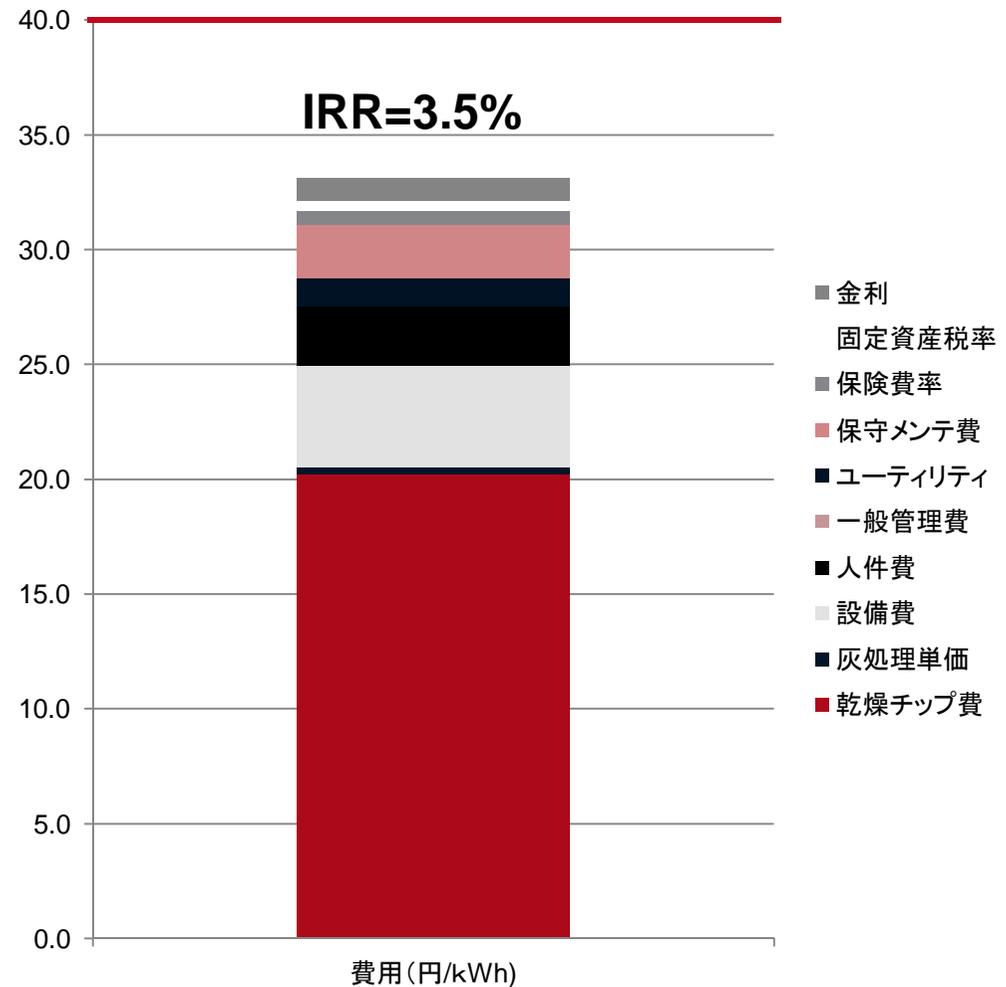


2MW蒸気タービン発電のヒートバランス



前提条件

原料単価	9,000	円/ton
原料含水率	40	%
原料灰分率	1	%
発電設備価格	90	万円/kW
発電量	1,990	kW
発電効率	23	%
熱効率	0	%
所内動力率	15	%
運転人員	10	人



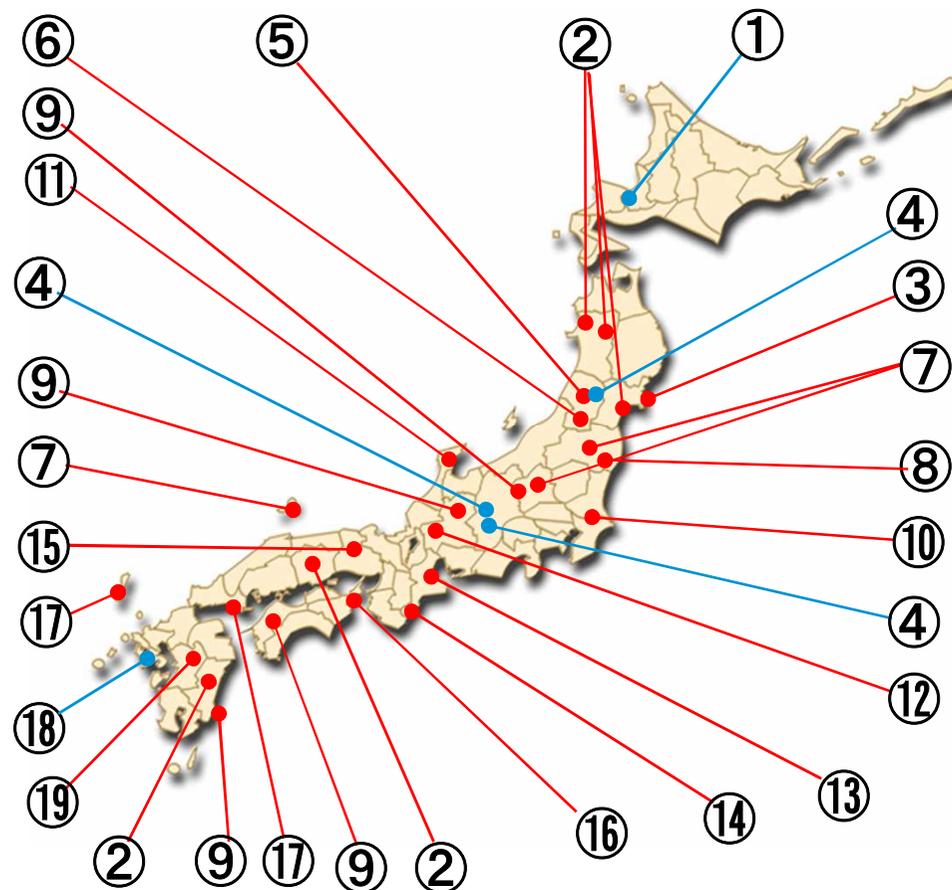
総事業費が12億ならIRR=8%だが実際は20億近く

最大 年間約3万トンの未利用材チップが必要な2
M未満直接燃焼式蒸気発電は、1990kWの上限
ギリギリかつ総事業費が20億以下でないとならない。

売電価格が半減するFIT終了後は設備償却がなくなっても赤字に転落し、存続できない

2M未満ならやっぱりガス化でしょう？

ChugaiRo



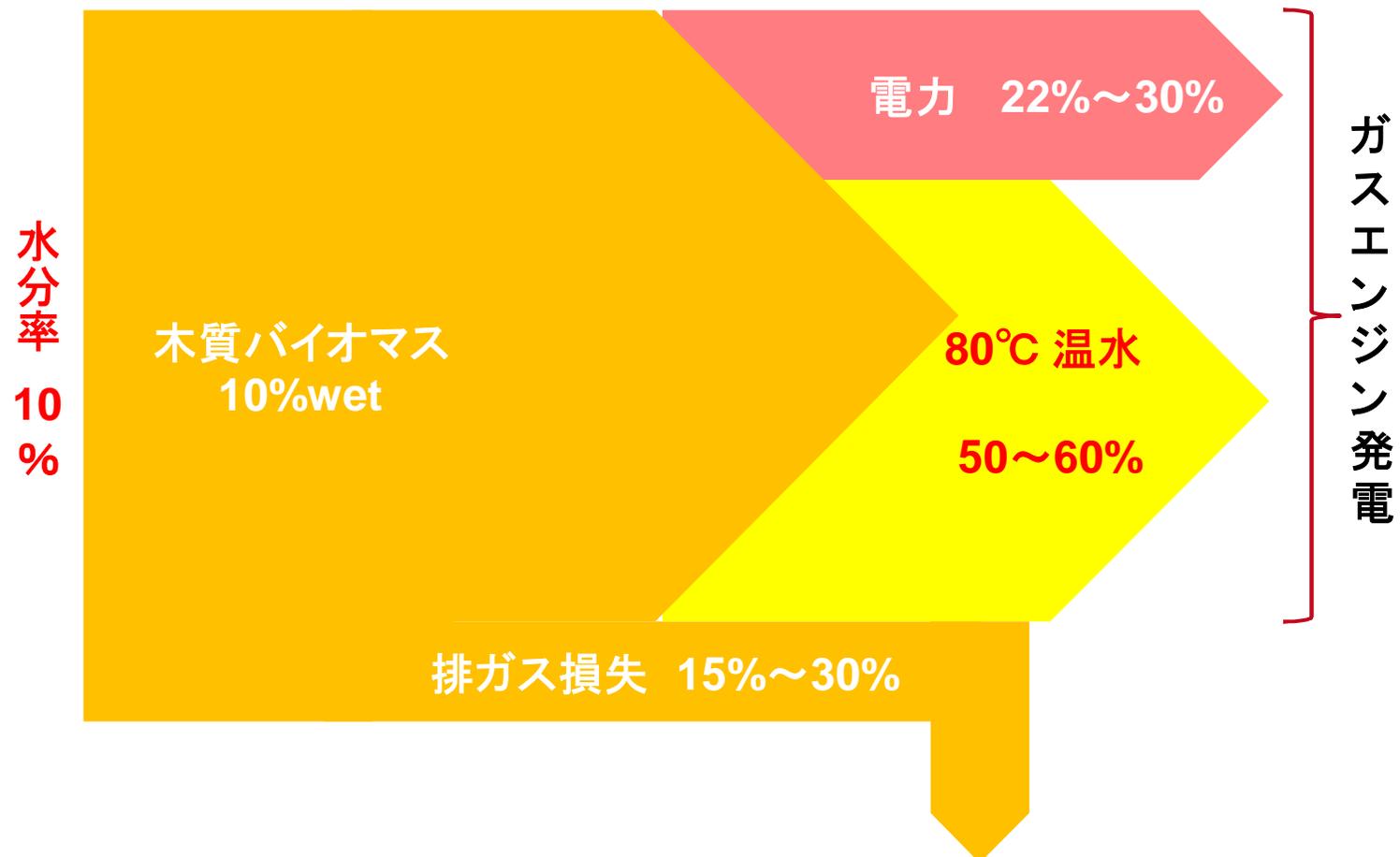
乱立する国内の木質バイオマスガス化プラント

林立する小規模ガス化発電

No	商品名・ 技術名など	技術 出所	供給サイト	ガス化形式
1	テスナエナジー	国産	エネサイクル	高速炭化炉+熱 分解炉の2段階 ガス化
2	AHT(旧・シュネル SCHNELL)	ドイツ	気山沼地域エネ 開発	アッポとダウの 中間タイプ
3	ボルター(Volter)	フィン ランド	ボルタージャン (VJ)、Fエナジー	ダウンドラフト
4	ZE	国産	ZEエナジー	ダウンドラフト
5	JFE-フェルト	デ ンマーク	JFE	アッポラフト
6	日本バイオマス開発 フェルト	デ ンマーク	三機工業	アッポラフト
7	スパー (SPANNER)	ドイツ	スパージャン	ダウンドラフト
8	エントレード (ENTRADE)	ドイツ	藤田建設工業	ダウンドラフト
9	ブルクハルト (BURKHARDT)	ドイツ	三洋貿易 シ ンエナジー(旧光 陽電機)	独自の向上気充 填層タイプ

10	Gussing高速大倍率層 流動層(FICFB)	オース トリア	エンジンパワー	循環流動層
11	Gussing高速大倍率層 流動層(FICFB)	オース トリア	トヨーグループ	循環流動層
12	ホルツエネルギー (Holzenergie Wegscheid)	ドイツ	PEQ(バイオマス 利活用技術舎)	ダウンドラフト
13	CPC(BioMax)	アメリ カ	シンテックジャ パン	ダウンドラフト
14	シンクラフト (SYNCRRAFT)	オース トリア	フォレストエナ ジー	2段階ガス化噴 流層
15	エスぺ (ESPE)	イタ リア	アンフィニ	ダウンドラフト
16	ウルバス (URBAS)	オース トリア	コーレンス 新宮 エネルギーほか	ダウンドラフト
17	RMグループ	イタ リア	リライト(Rewrite)	アッポラフト
18	バイオマスエナジー (BME)	国産	バイオマスエナ ジー(株)	噴流層
19	リプロ(Lipro)	ドイツ	(同)バイオ燃料 (株)サナース	2段階ガス化ダウ ンドラフト

蒸気タービン発電と遜色のない発電効率で40kW～2000kWまで
さらに温水が得られて、総合効率が非常に高い



ただし、日本のバイオマスでちゃんと動いたら……

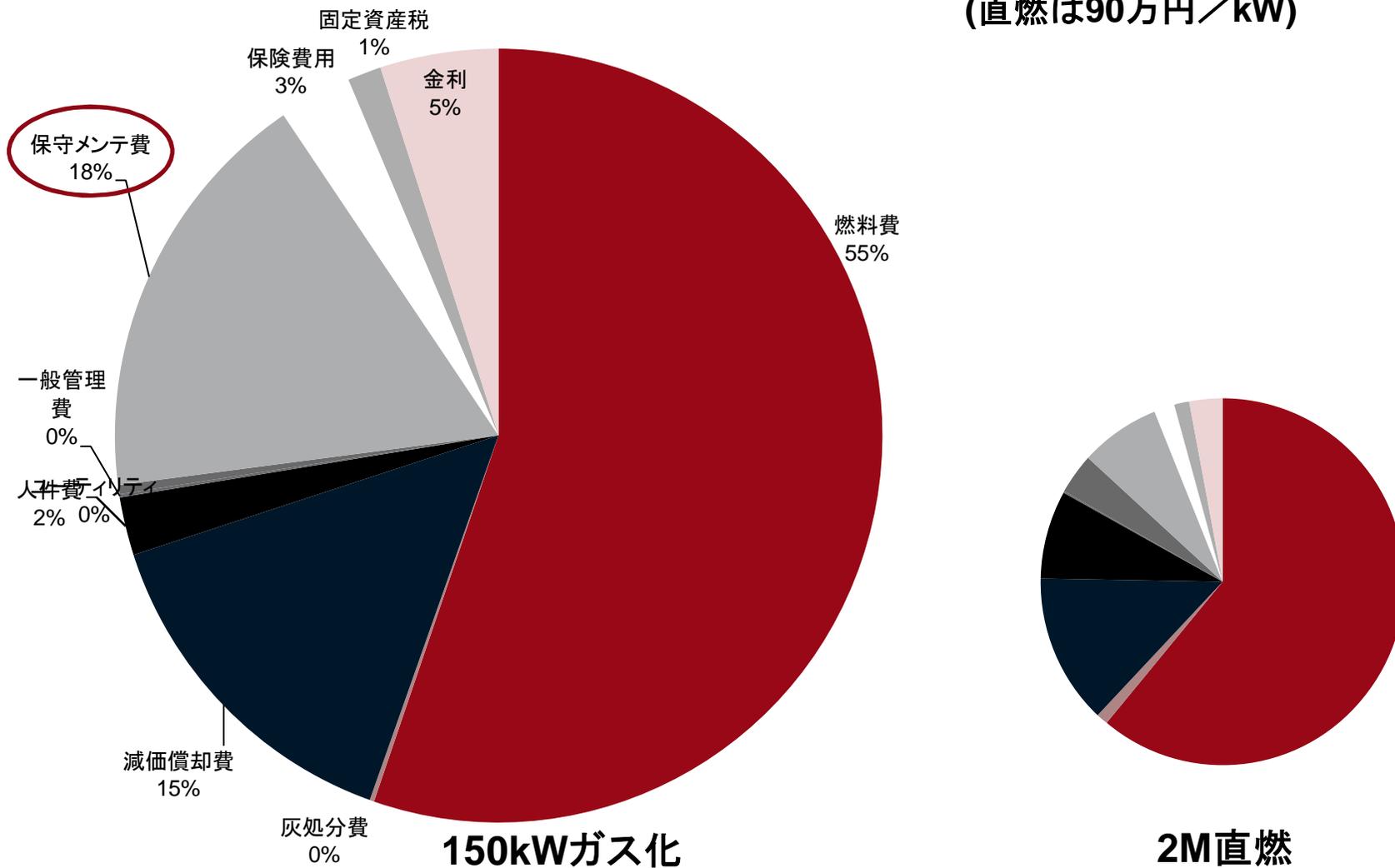
前提条件 ダウンドラフト炉

冷ガス効率	70%	ガス化炉の種類で異なる
エンジン発電効率	33%	エンジンの種類により異なる
発電効率	23%	規模にあまり依存しない
熱効率	47%	規模にあまり依存しない
総合効率	70%	規模にあまり依存しない
人件費(兼務)	100万円 ~ 400万円/年 発電規模大で上昇	
燃料発熱量	3530kcal/kg	
水分率	15%	
燃料費	¥18,916	60%wet 9000円/tonの熱量等価価格
内部消費電力率	10%	固定床炉は内部消費が少ない
売電単価	¥40/kWh	
売熱単価	¥5/kWh 重油換算で¥55/L程度	
年間運転時間	8,000Hr (設備稼働率91%)	
メンテ費	¥6~10/kWh	直燃蒸気式なら ¥2/kWh

ガスエンジンのメンテ費が高額
なので注意！

事業採算性における原価構成(150kWのケース)

IRR=8%とするためには熱利用なしで総事業費1億2千万円以下が必要
単価では 80万円/kW
(直燃は90万円/kW)

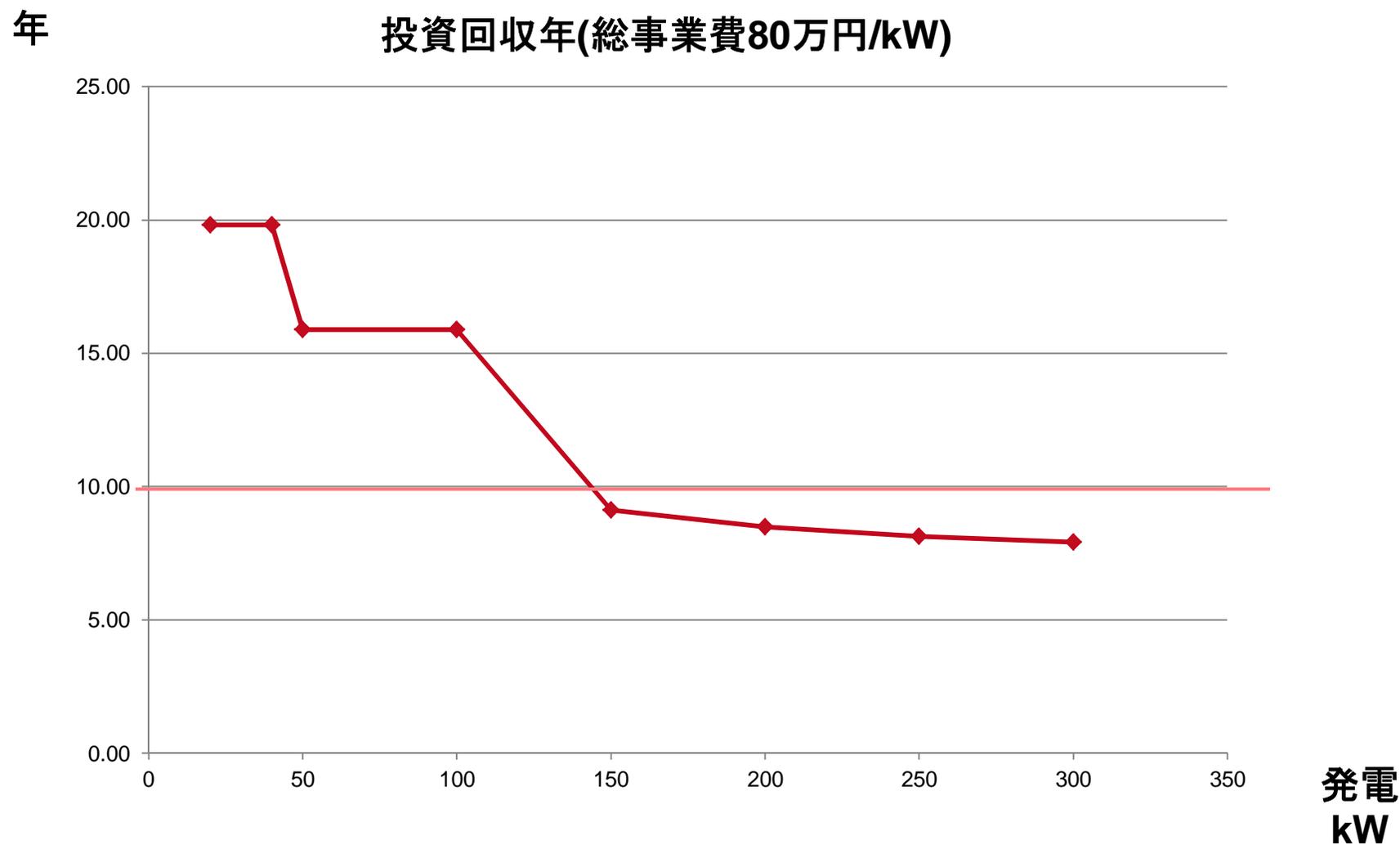


総事業費 1億2千万円

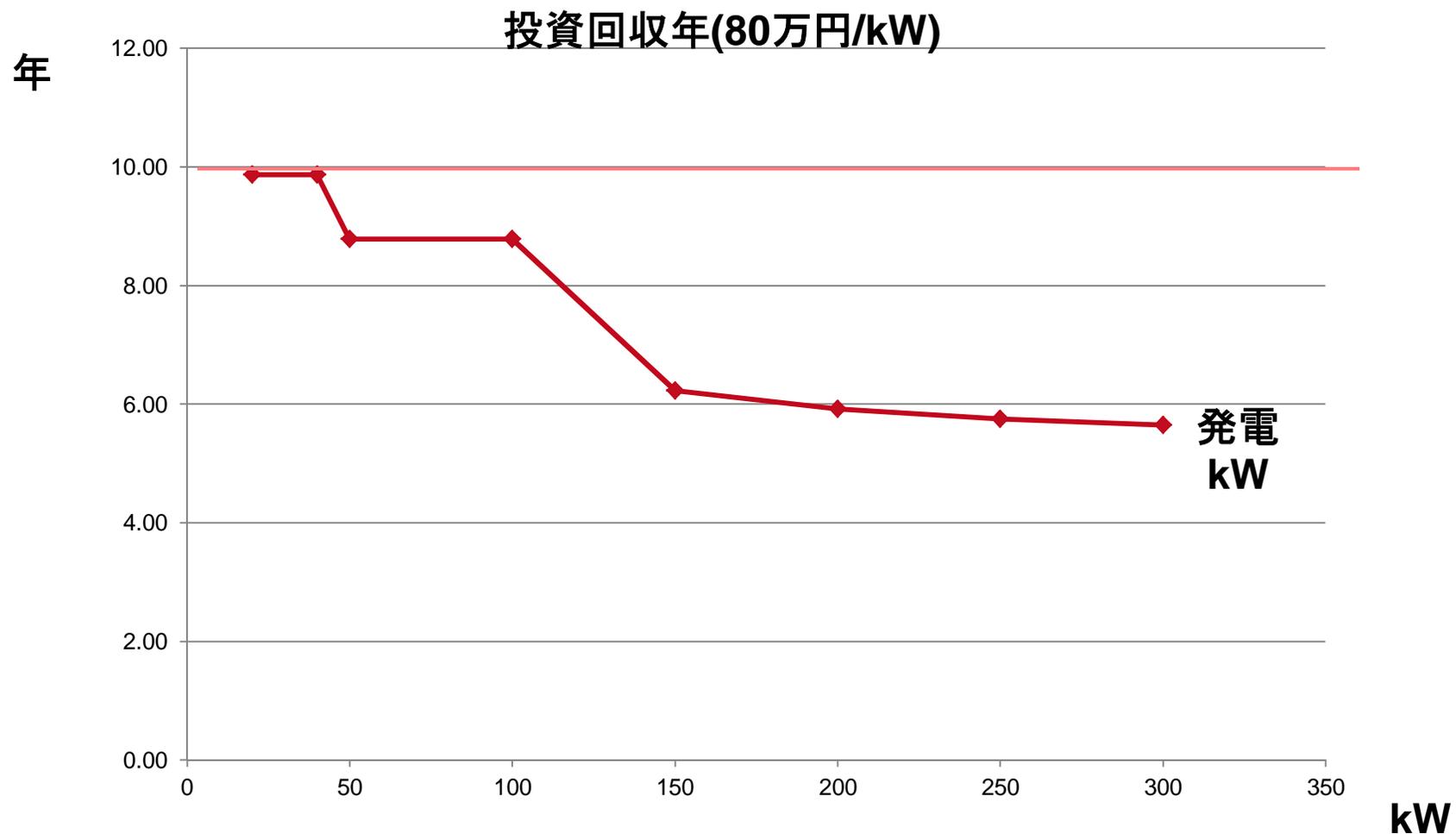
内訳

- | | |
|------------------|--------|
| 1. 装置本体(付帯・輸送込み) | 0.9億円 |
| 2. 基礎(屋外仕様) | 0.05億円 |
| 3. 一般高圧系統連系 | 0.15億円 |
| 4. 据付工事・電気工事・給排水 | 0.1億円 |

本体価格は60万円／kWとなる。



50%の熱が売れる場合



一言で木質チップと呼ぶけれど種類は様々



切削チップ～50mm



切削チップ～100mm



製材端材チップ



切削・破砕の混合チップ



欧州の量産型ダウンドラフト炉の燃料チップ
水分率 15%

かさ比重が日本の杉の1.5倍ある



欧州のORC発電の低質チップ
水分率 50%

熱分解ガス化発電の発電効率

冷ガス効率(50~75%)

× ガスエンジンの発電効率(30~40%)

= 15%~30%

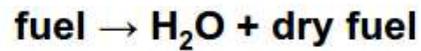
※冷ガス効率はガス化炉によって違う

※ガスエンジンは一般に大型ほど効率は高いと
言われているが最近例外がある

最近では30%近い高効率ガス化も現れている

アップドラフト型ガス化炉

乾燥



熱分解



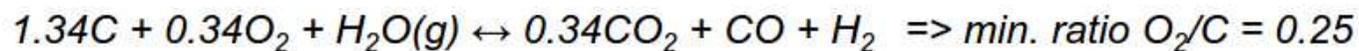
ガス化反応



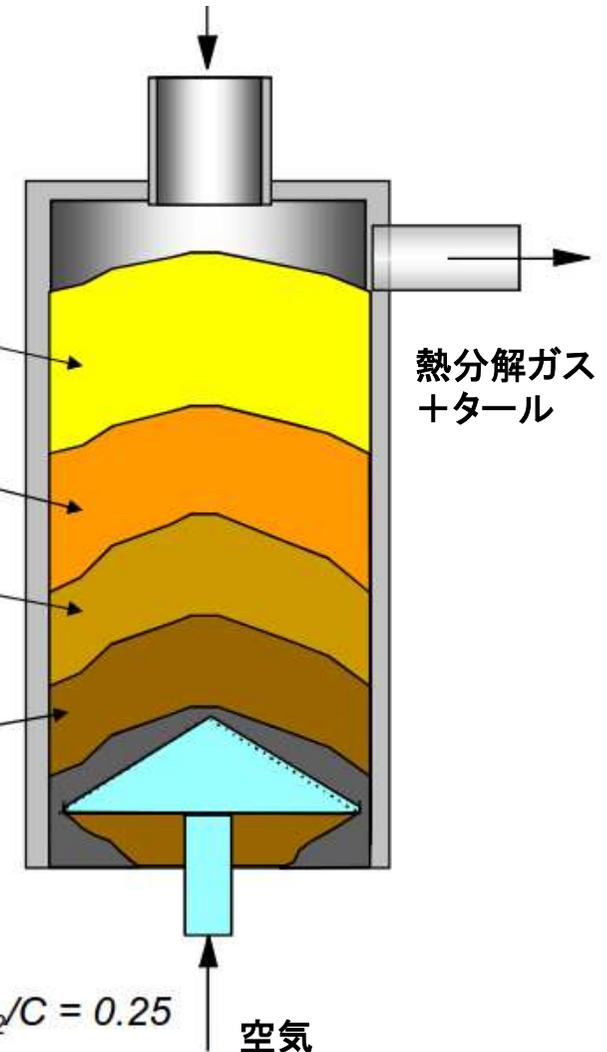
酸化(燃焼)



まとめ



燃料バイオマス



ダウンドラフト型ガス化炉

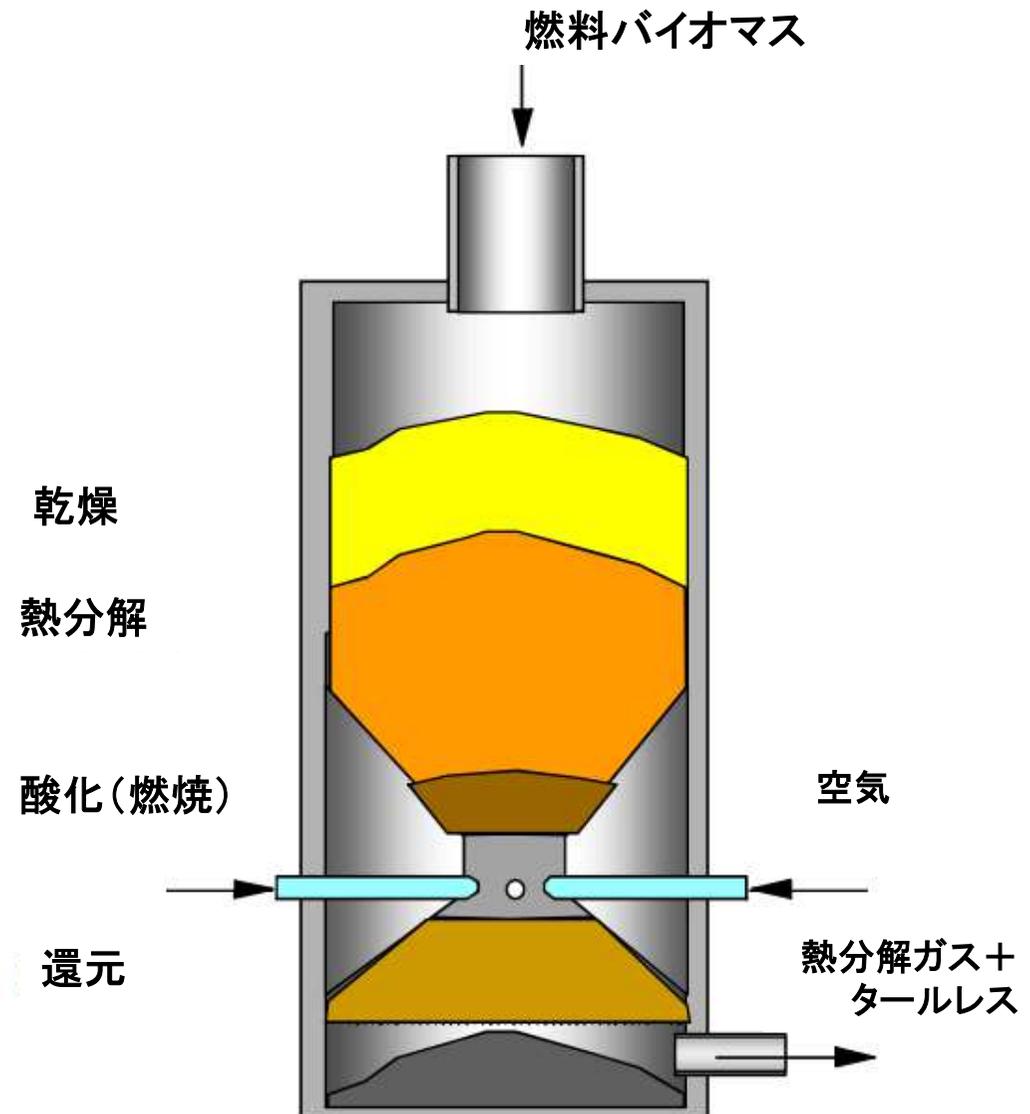
アップドラフト式ガス化とガスの流れが逆

乾燥後の水蒸気をガス化剤として使う

タールは高温の酸化層で分解

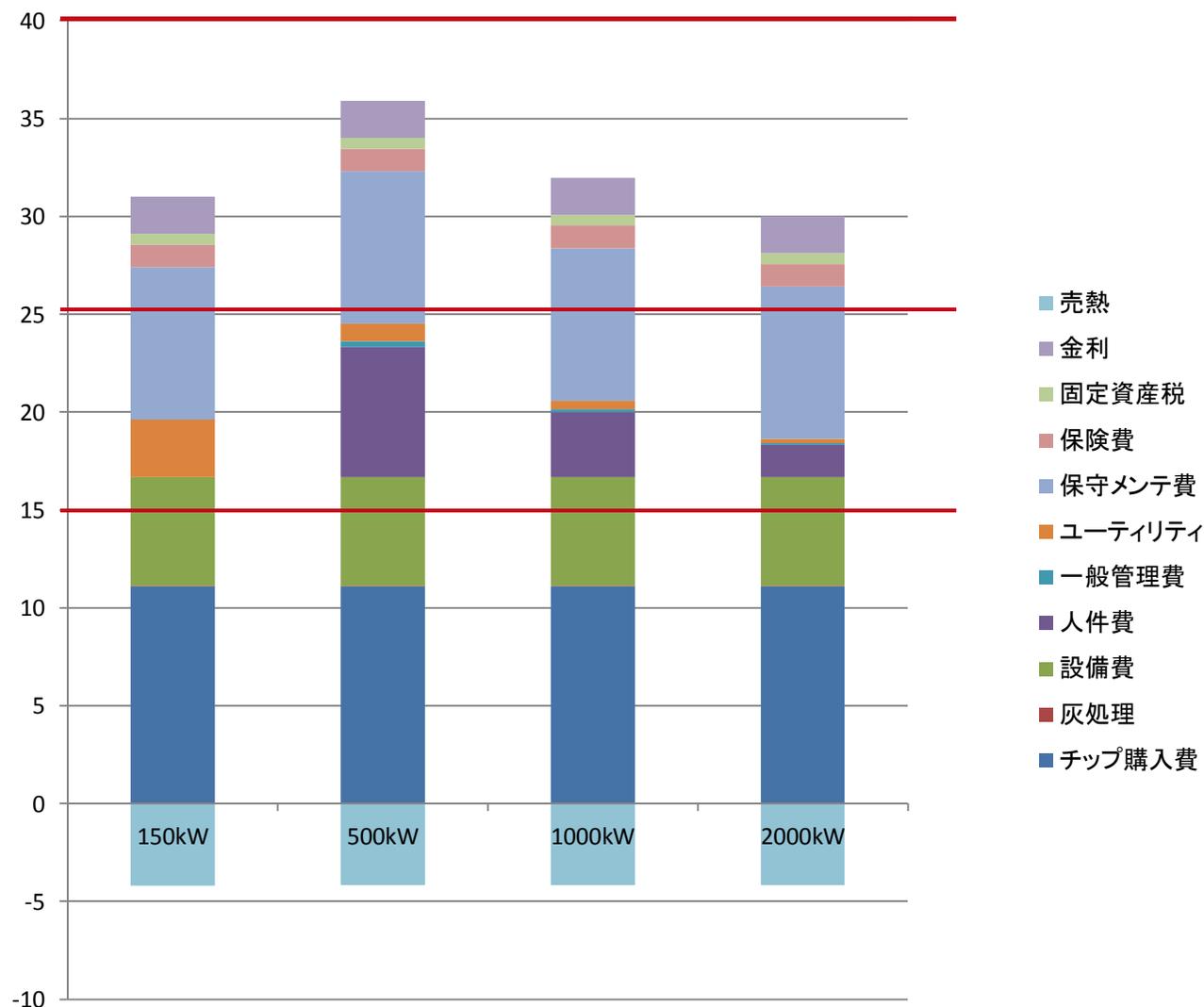
燃料の水分が多いと酸化層の温度が下がるのでタールが分解できなくなる

直径方向で均一なガス化が必要
なためスケールアップは難しい
(一般的には200kW以下)

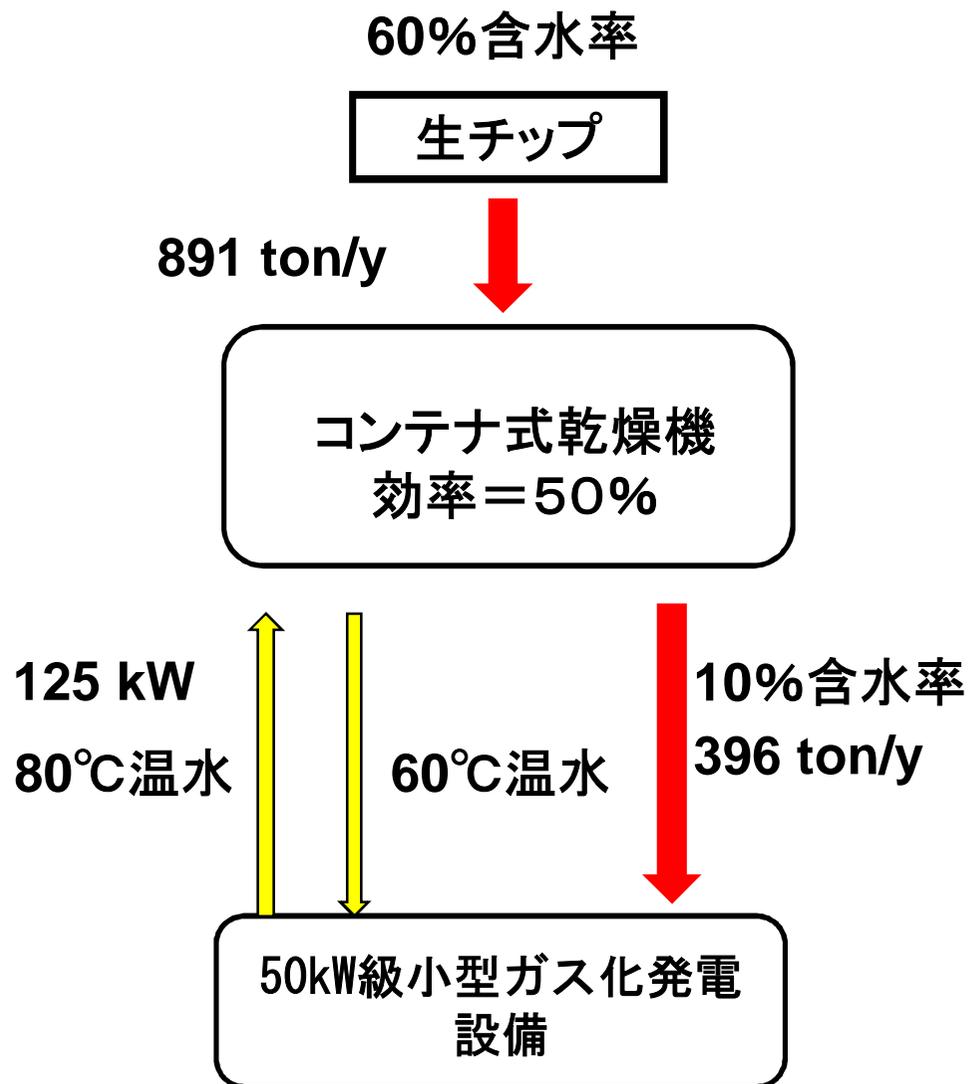


ガス化発電の採算性

チップ	12000円/トン
	40%を10%に所内乾燥
発電効率	30%
所内率	10%
人件費	6人
	150kWはゼロ
保守メンテ	7円/kWh
売熱	5円/kWh
売熱率	50%
	残りは乾燥に使用



高価なチップを使って熱を得るガス化CHPは
よほど発電効率が
よほど安い装置でないと、
熱利用なしで小型バイオマスガス化発電
装置で事業採算性を得ることは不可能！



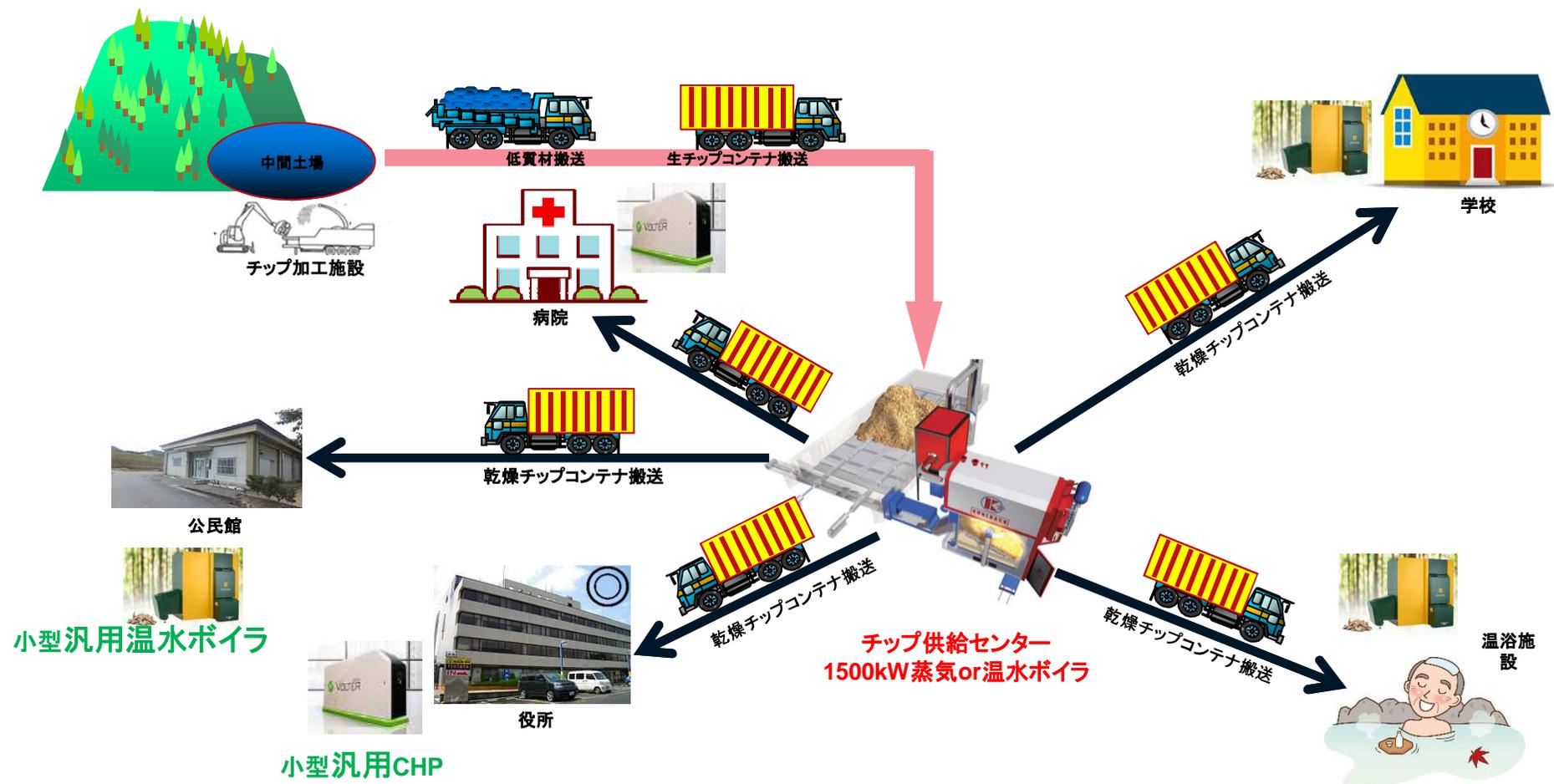
小型ガス化発電装置は10%程度の乾燥チップが必要で、コンテナ式乾燥では熱電併給の熱をほとんど自己使用チップの乾燥に使ってしまうため、熱が外部に供給できない。



どうせ熱なんかいらぬから、それでも良いと人は言う

乾燥コンテナによるチップ搬送・乾燥システム

安価な低質材燃料による乾燥チップ製造を中心としたチップセンターからの乾燥チップによる需要施設への燃料供給



ORCバイオマス発電のシステムフロー

ChugaiRo



DJK 第一実業株式会社

電気出力



タービン作動媒体にシリコンオイルを採用し
高性能で取扱いが容易



地域熱供給

乾燥

冷水

ヒートシンク



高含水率・不定形の
低質バイオマス燃料

ChugaiRo



高温 熱媒油ループ

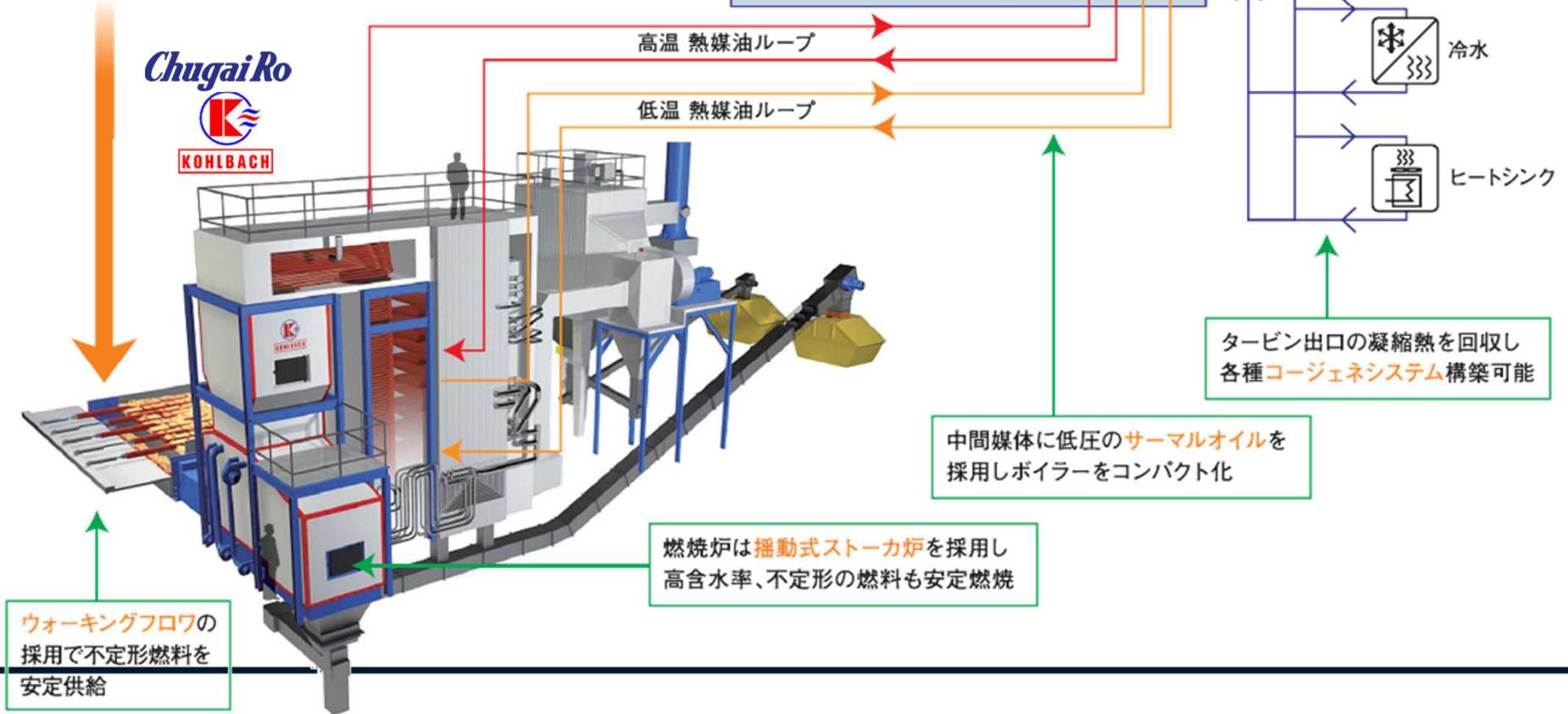
低温 熱媒油ループ

タービン出口の凝縮熱を回収し
各種コージェネシステム構築可能

中間媒体に低圧のサーマルオイルを
採用しボイラーをコンパクト化

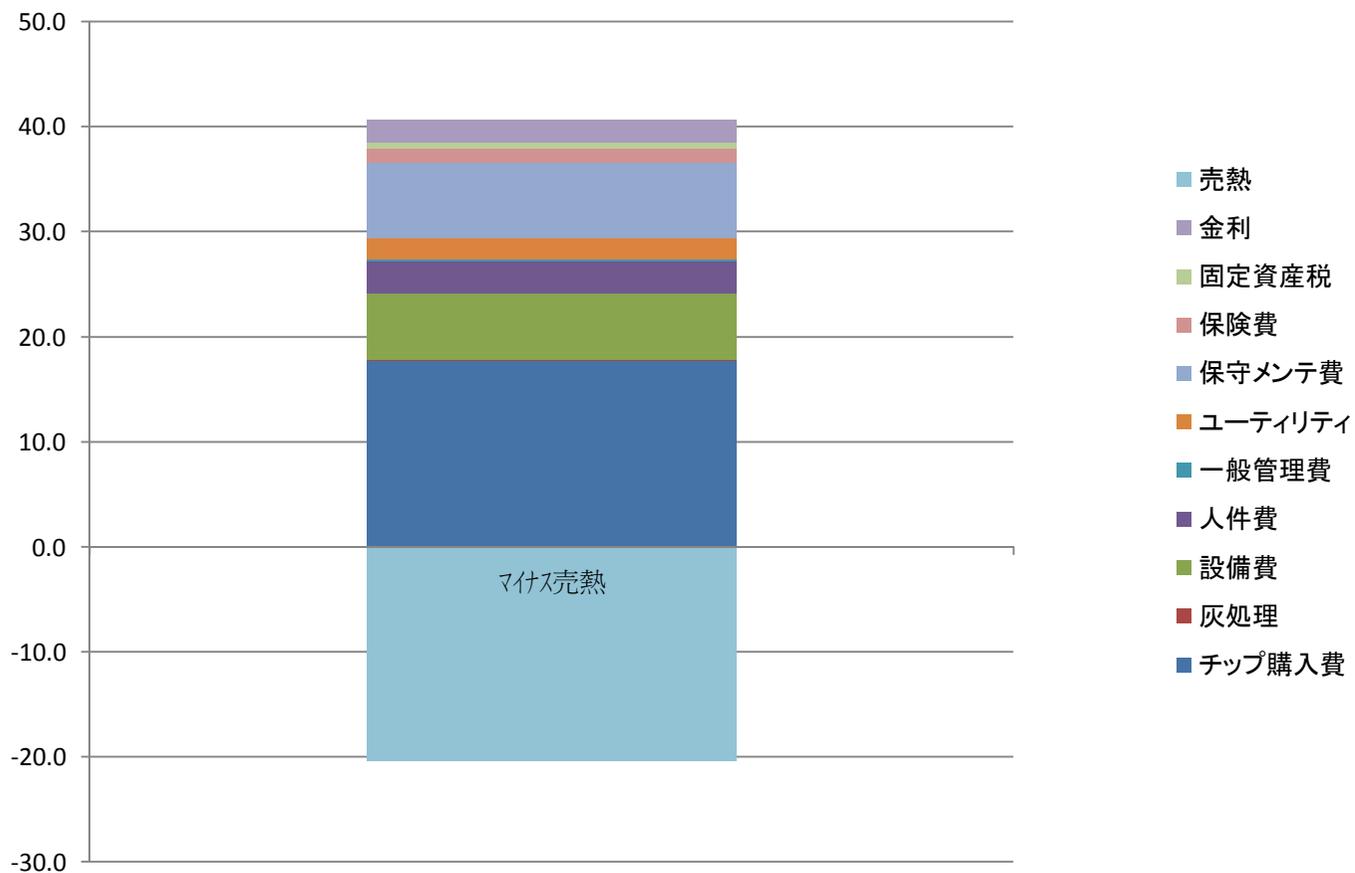
燃焼炉は揺動式ストーカ炉を採用し
高含水率、不定形の燃料も安定燃焼

ウォーキングフロアの
採用で不定形燃料を
安定供給



ORC発電のヒートバランス





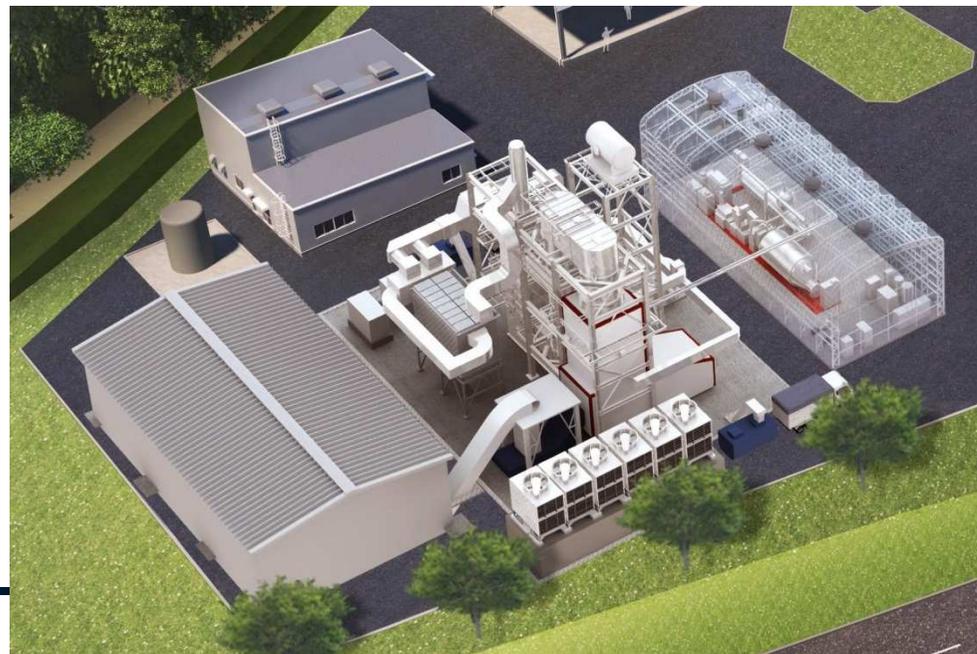
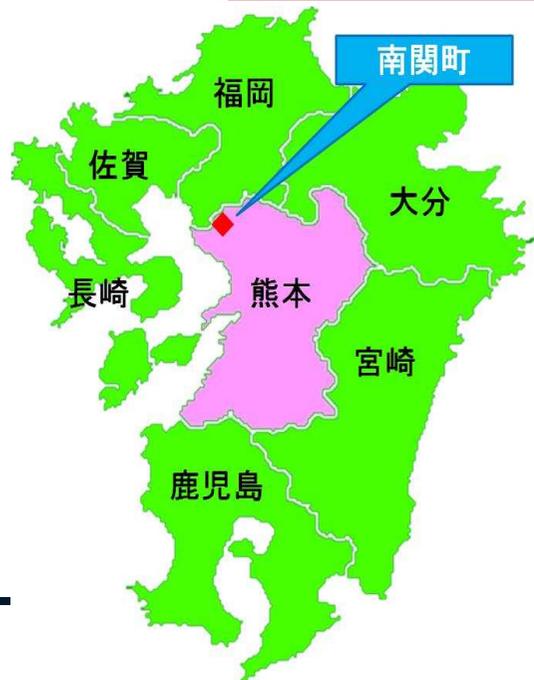
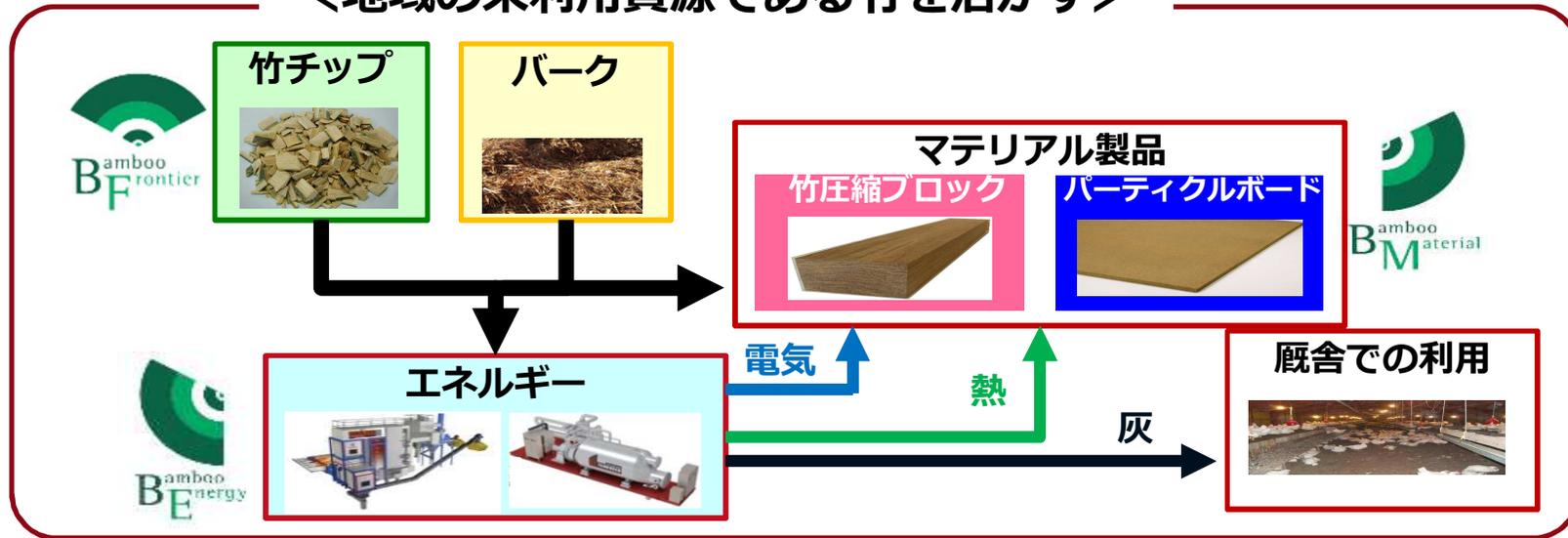
ORCは熱が売れないと成り立たない

ゆめ竹バレー構想とは



Chugai Ro

<地域の未利用資源である竹を活かす>



ご清聴ありがとうございました