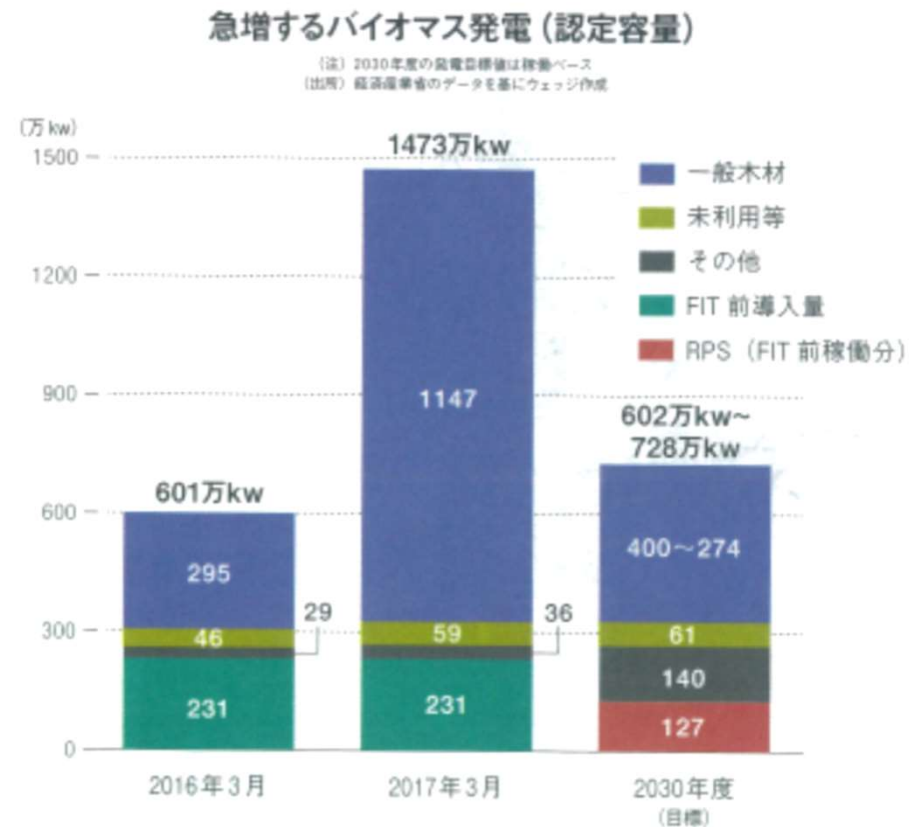


日本における小型木質バイオマス発電 の現状と課題

中外炉工業株式会社
新規事業本部
環境・バイオマスグループ
笹内謙一

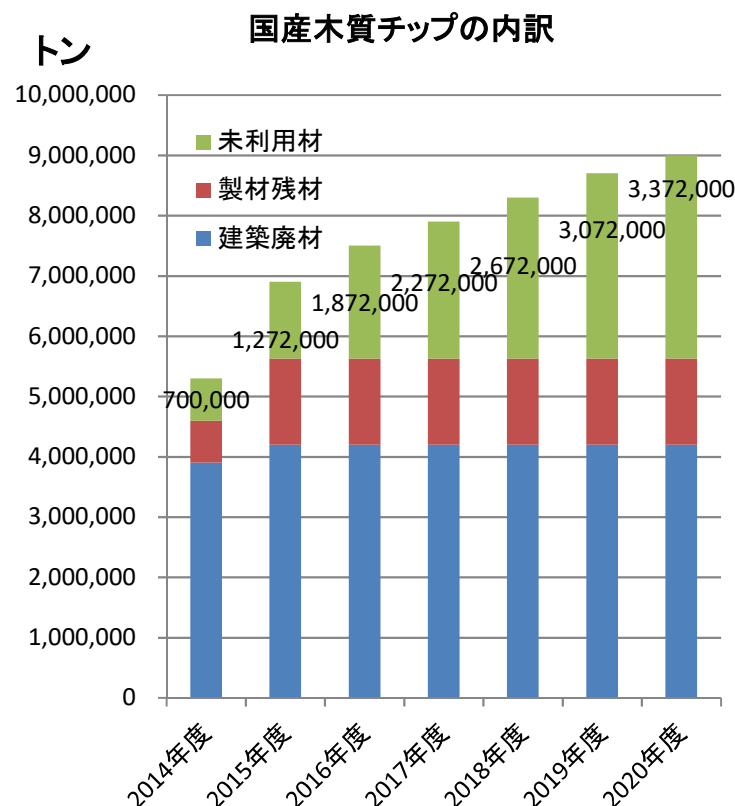
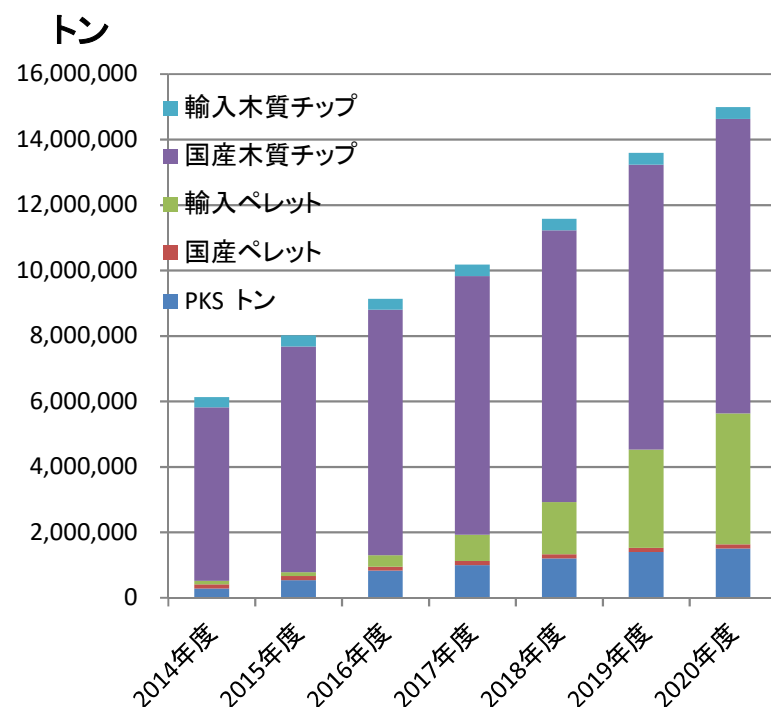
一般材24円/kWh→21円/kWhの改訂に伴い2万kW以上の駆け込み申請が殺到

2030年度目標の
約3～4倍に！
ほとんどは 一般材
やし殻、パーム油
ペレットなど海外バイオマス



Wedge 2017年10月号 P32より

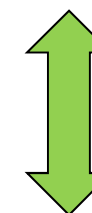
- 大型のバイオマス発電所の稼動に合わせて、木質ペレット、PKSの輸入が急増すると予想されている。伸び率はそれらには劣るが未利用間伐材や林地残材の供給も増加すると予想されている



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

2017年度までに未利用材申請の59万kWのFIT発電所に必要な未利用材

発電効率30%
590万トン／年



実際に供給が可能な量は

230万トン／年
2020年でも340万トン／年

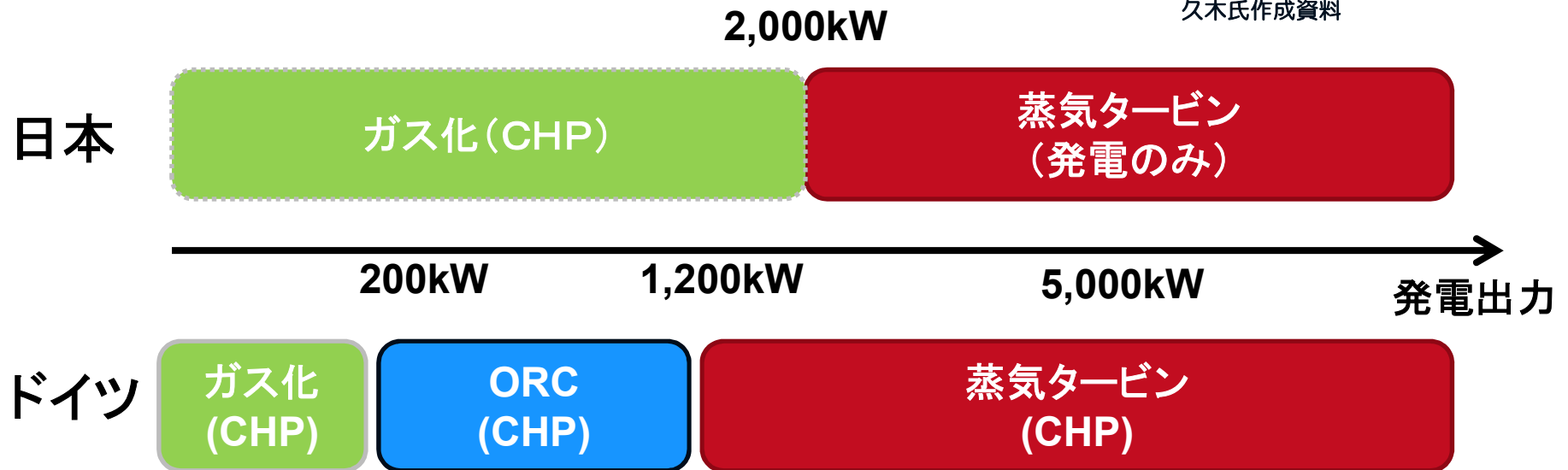
5MWの発電所に必要なバイオマスは年間6万トン

中規模～大規模のバイオマス発電所は
結局海外バイオマスに頼らざるを得ない可能性

小規模ガス化CHPが注目される背景

ChugaiRo

※出典 バイオマスアグリゲーション
久木氏作成資料



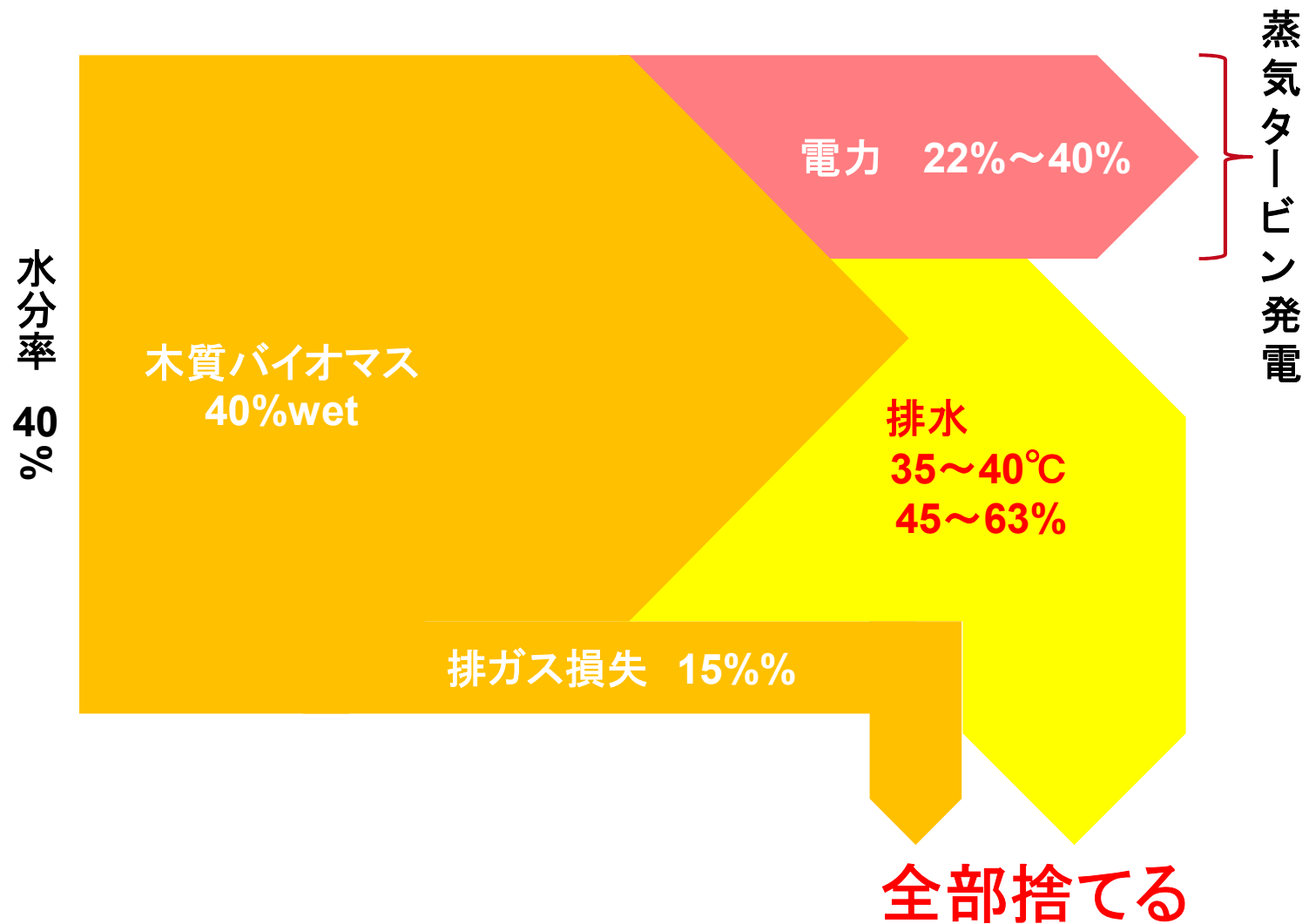
- ・ 小規模でも発電効率大
 - ・ 人件費割安
 - ・ 設備費割高
 - ・ 良質な燃料が必要
- ・ 小規模・低負荷でも発電効率20%程度を維持
 - ・ メンテナンス費割安
- ・ 規模が大きいと発電効率大
 - ・ 設備費割安

- ◆ バイオマスの取組で先行する欧州(ドイツ)では規模に応じた技術の選択の幅がある。
- ◆ 日本のバイオマス発電技術の選択肢は乏しく、現状は5000kW以上の大型蒸気タービン発電が9割以上を占める。→大量の未利用材の収集が難しく、利用を促進するため27年度より2000kW未満の小規模未利用材の発電電力買取価格が¥32/kWh→¥40/kWhへ
- ◆ ドイツはすべて熱効率の高いCHPが義務付け 日本は発電重視のためFITでのCHPはほとんどない

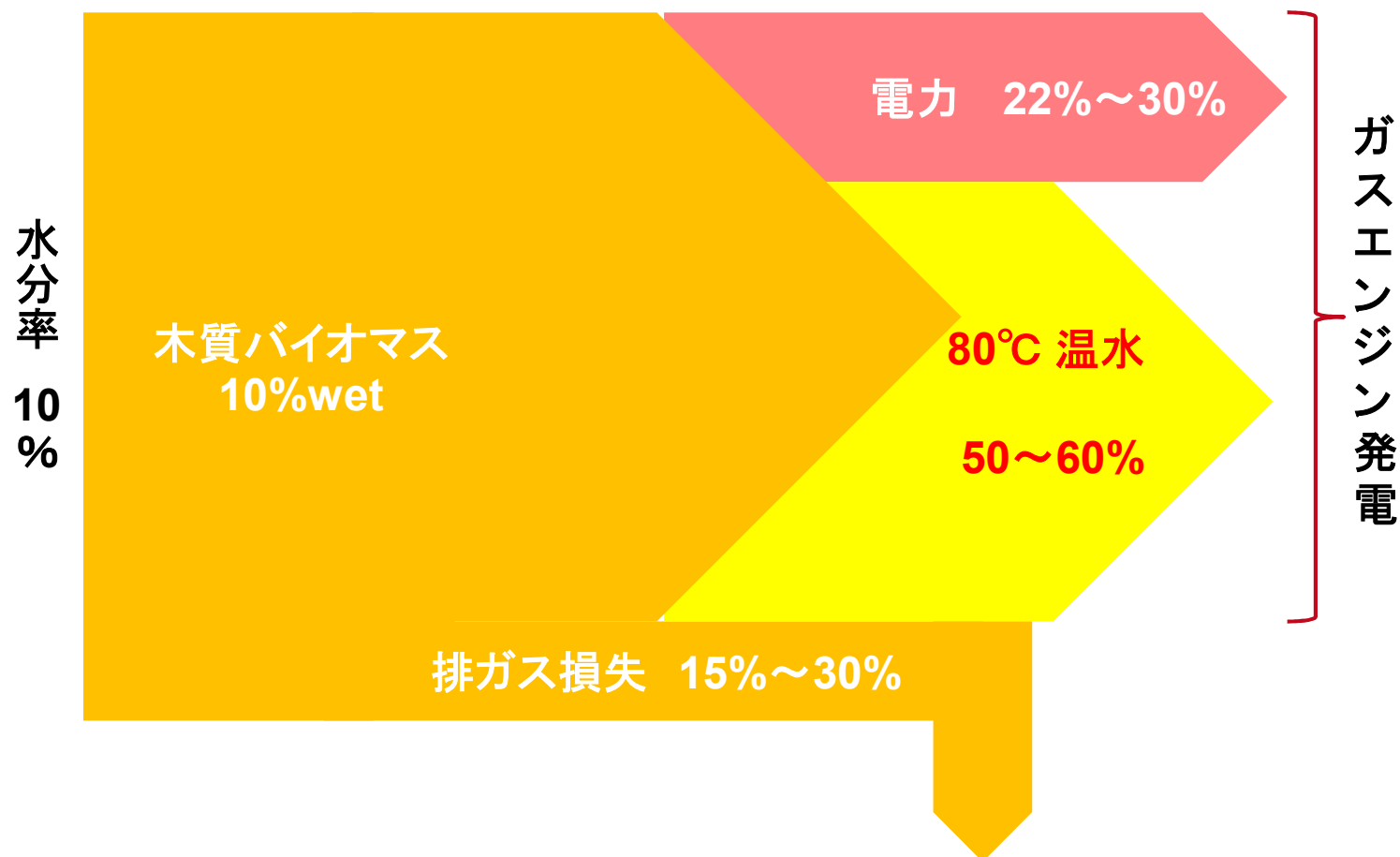
2MW以下小規模CHPの種類

ChugaiRo

装置	ガス化 CHP	温水ORC	蒸気 ORC	蒸気BTG	熱媒油ORC
発電規模	20～ 2,000kW	20～125kW	115～ 150kW	125～ 2,000kW	700～ 2,000kW
発電効率	22～30%	7%	12%	7～22%	18%
熱効率	50%以上	50%以上	50%以上	50%以上	65%
総合効率	70～85%	60%程度	60%程度	60%以上	83%
国内商用 事例	20機程度	バイナリ発 電として数機	なし	小型は多数	国内建設中 欧州では300
メーカー	後述	神鋼、IHI、 アクセスE等	IHI	神鋼、シン コー、新日造	ターボデン
CHP評価	○	△	△	△	○



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……

欧州で安定運転している固定床式ガス化も 日本ではなぜか苦戦()は技術導入国

川崎重工(南ア)→撤退

積水ハウス、越井木材180kW

月島機械(アイルランド)→ 撤退

葛巻町120kW、秩父市120kW、仙北市360kW

日立造船(デンマーク) →撤退

奥州市50kW

JFEエンジニアリング(デンマーク)→撤退

村山市2000kW

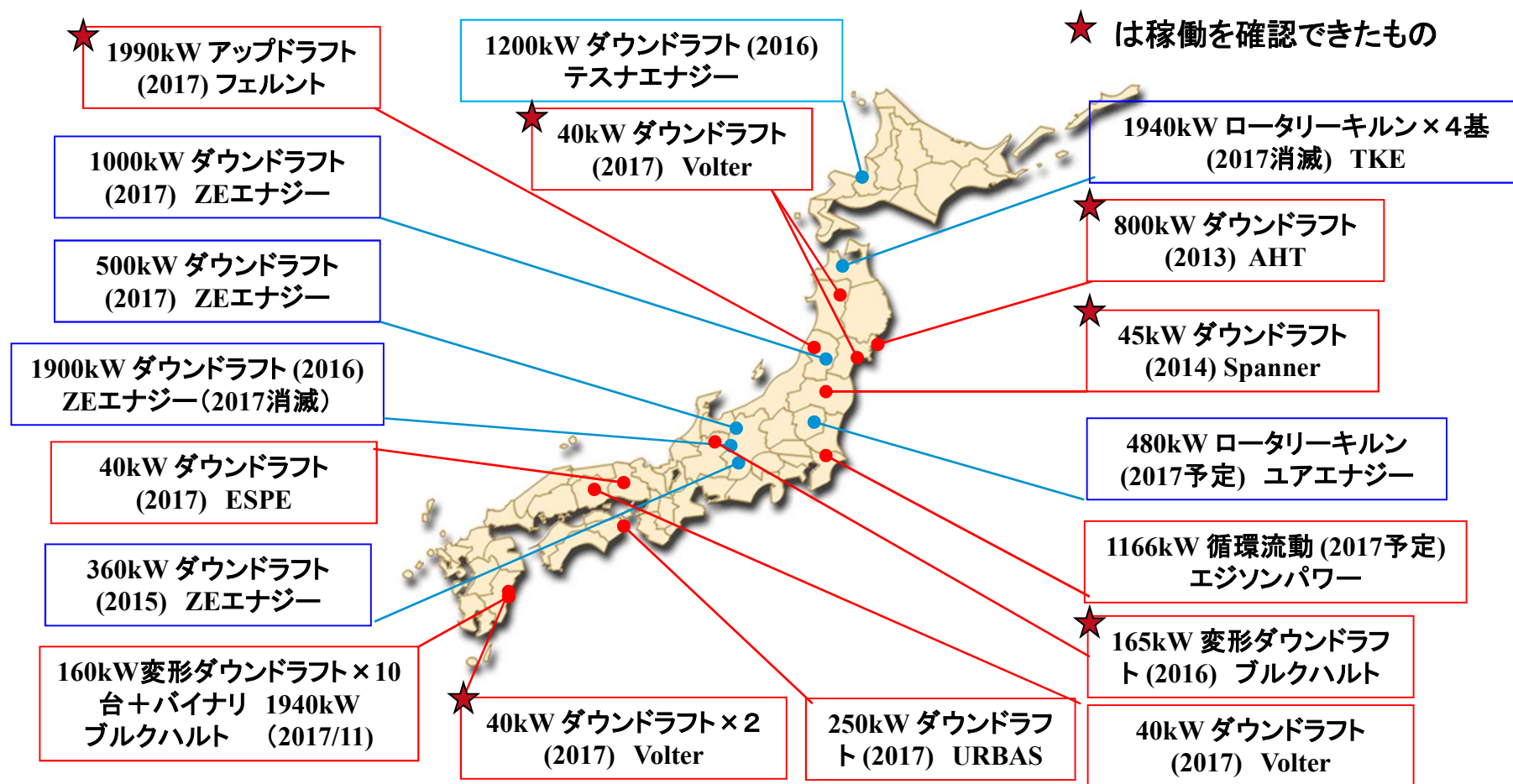
10年の苦難を乗り越えて三機工業が山形県長井市に2000kWを建設(2017)

気仙沼地域エネルギー開発(独AHT) 400kW × 2 1年半の試運転を経て
安定稼動(93%の年間稼働率)

○AHT(独)	400kW	宮城
Brulkhalt(独)	165kW 180kW	岐阜、群馬、宮崎
Repotec or GRE (奥)	2000kW	石川、茨城
○Froeling(奥)	50kW	-
○Spanner(独)	45kW	隠岐の島、福島、群馬
○Volter(フィンランド)	40kW	秋田、宮城、岡山、宮崎、他
○ESPE(伊)	49kW	兵庫
○Holzenergie(独)	125kW	-
○ENTRADE(独)	20kW	福島
○URBAS(奥)	150kW	徳島
Syncraft(奥)	400kW	-
○CPC(米)	155kW	三重
○LiPRO(独)	50kW	長崎

2012年以降に日本で販売開始したガス化装置 ○はダウンドラフト式ガス化炉

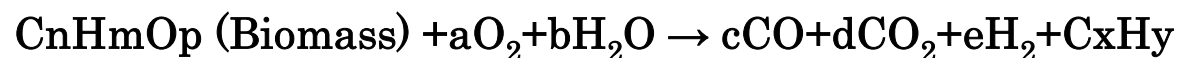
小規模ガス化CHPの最近の状況(公表ベース)



◆ FIT認定移行分は含まない2017年3月末現在 赤枠は海外技術

◆ FIT未申請のものは割愛した

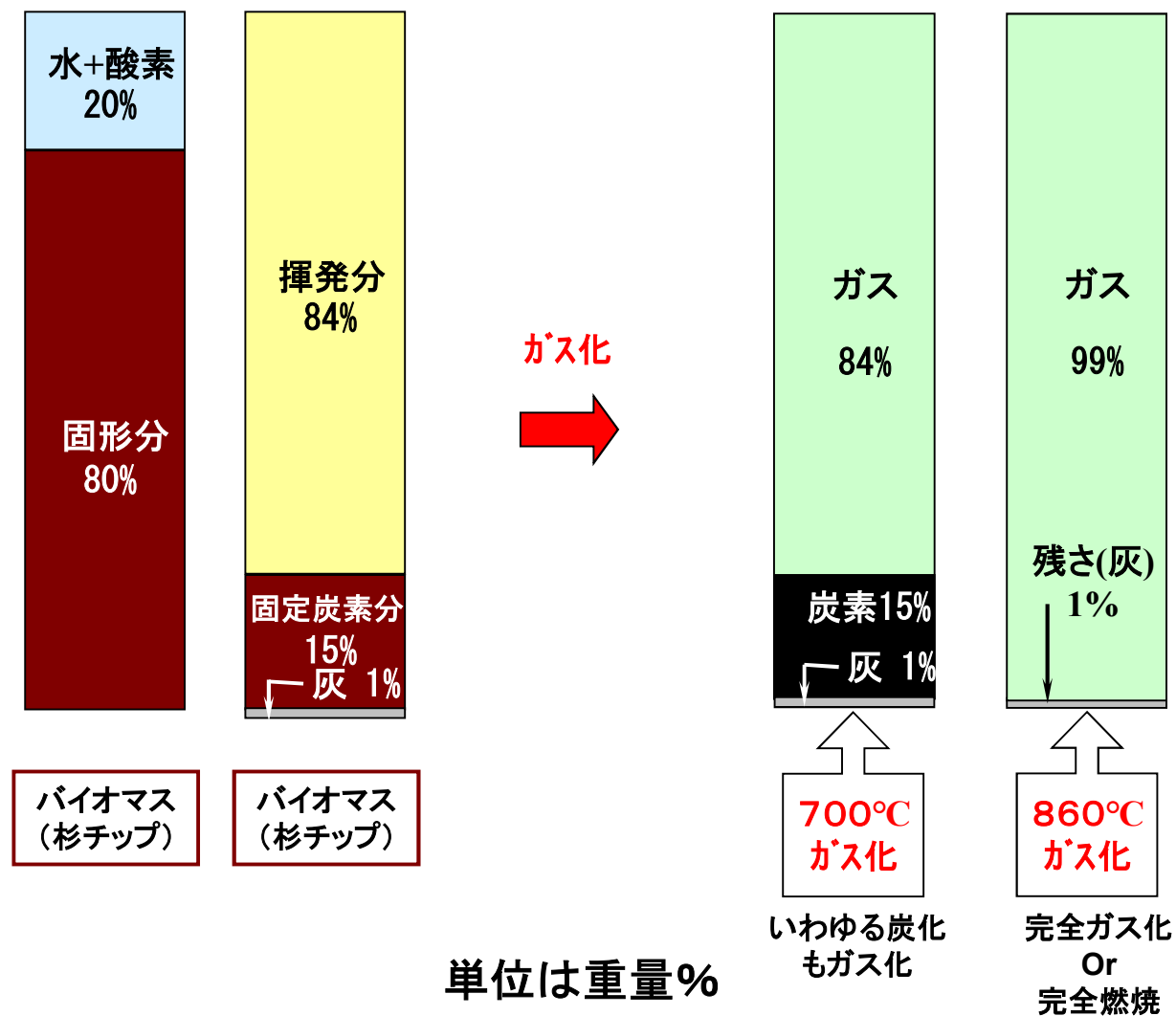
全19件中、12件がダウンドラフト方式



No.	反応式	反応熱 [kcal/mol]	反応速度
①	$\text{C} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$	97.5	急速, 1000℃以上では瞬時的
②	$\text{C} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}$	29.39	急速
3	$\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$	-38.22	1, 2 と比べると低速, 1000℃以上でおこる。900℃以下で逆反応
④	$\text{CO} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$	67.91	1 の 1/2.8
5	$\text{C} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO} + \text{H}_2$	-28.36	3 の 1/2
6	$\text{C} + 2\text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$	-18.5	3 の 1/2 900℃以下ではおこらない
7	$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{CO}_2 + \text{H}_2$	9.85	6 より速く 400℃以上でおこる。900℃で6 と同速、1480℃以上で急速
8	$\text{CO} + 3\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O}$	48.98	低速
9	$\text{CO} + 4\text{H}_2 \rightleftharpoons \text{CH}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$	39.13	低速
⑩	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O(g)}$	57.75	急速

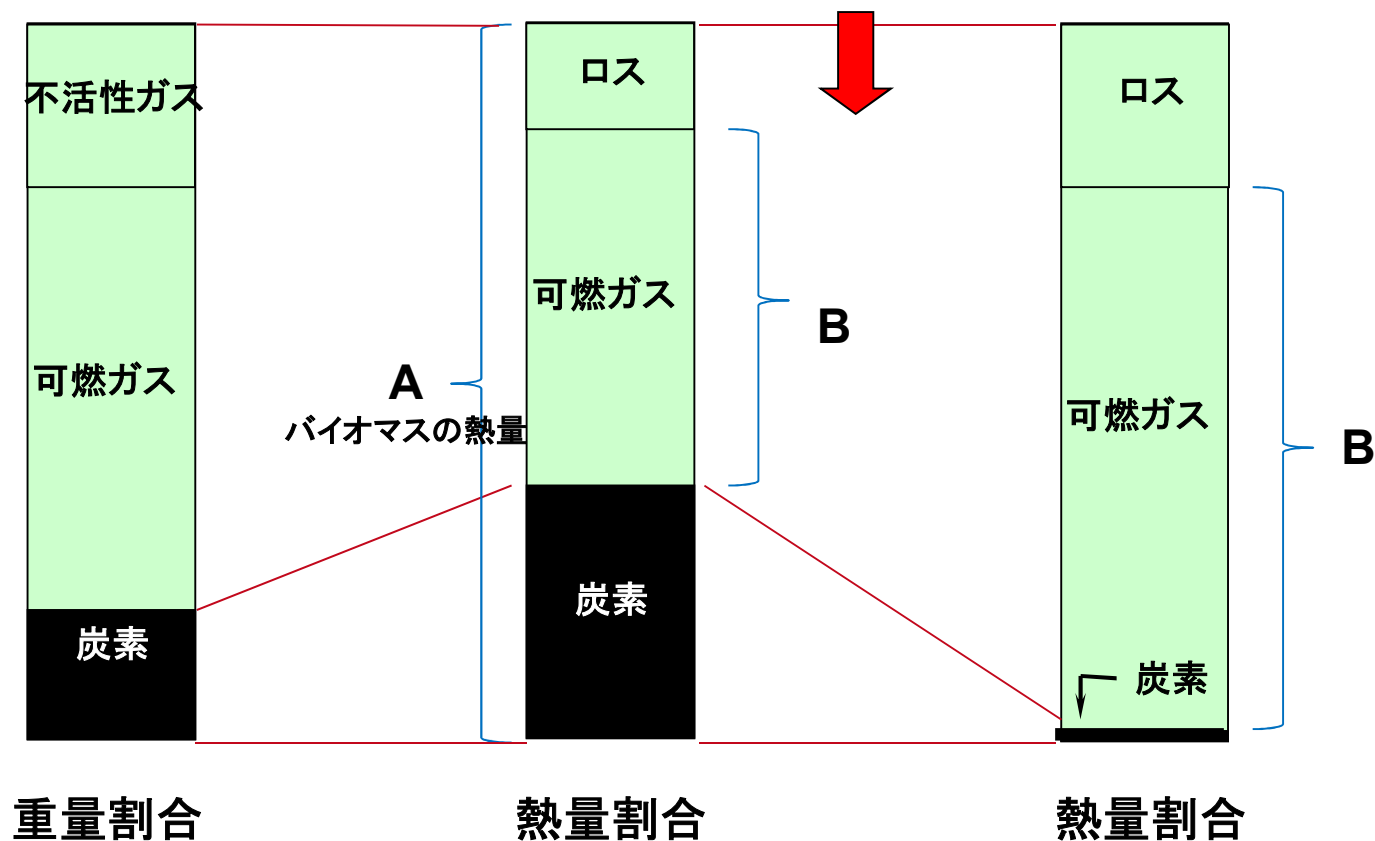
ガス化とは 揮発分と固形分をガスに変えること

ChugaiRo



冷ガス効率(ガス化効率)とは？

ガス化剤(水蒸気など)
熱がプラスされている場合があるので要注意！



$$\text{冷ガス効率} = B / A \quad (\text{高位発熱量基準})$$

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

※ガスエンジンは大型ほど効率は高い

山形グリーンパワー(アップドラフト型)

ChugaiRo

デンマークフェルント社の
技術を導入

電気集じん器でタール
を除くことが特許技術

山形で稼動10年以上

2000kW発電 高効率

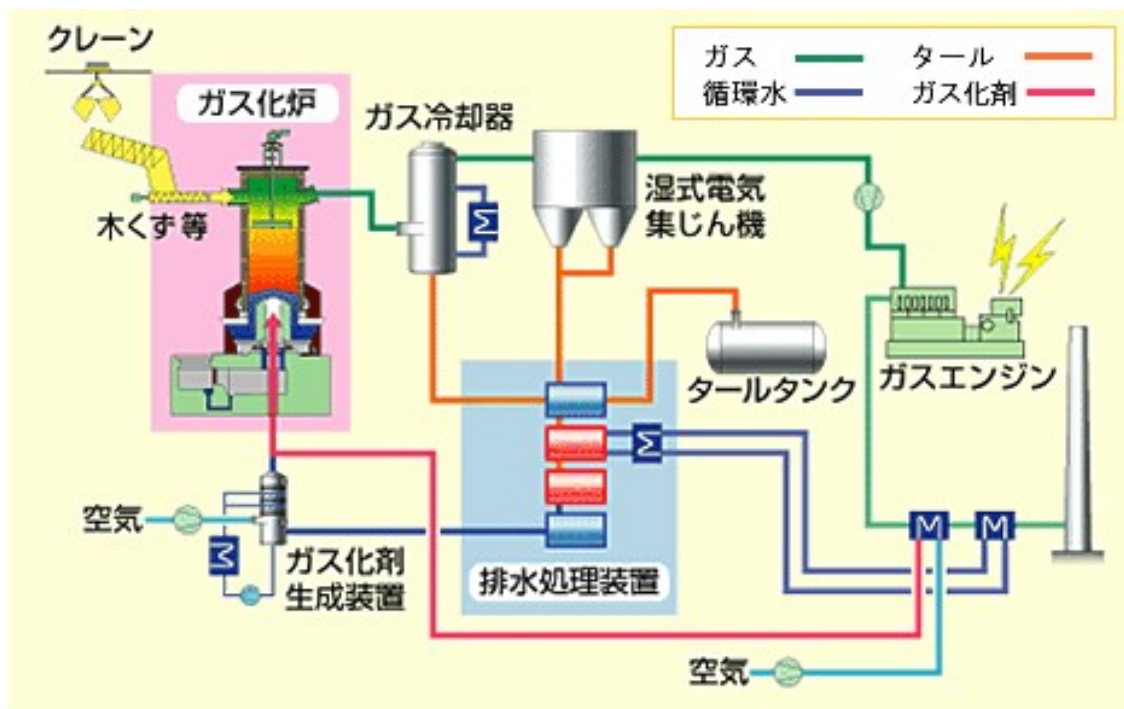
原料 水分率42～45%

7月に山形県長井市で国内2号機が
稼動を開始した。



三機工業殿ホームページより

<http://www.sanki.co.jp/news/release/article201.html>



JFEエンジニアリング殿ホームページより

www.jfe-eng.co.jp/product/environment/

熱は全量タール水の処理に使用している
ので利用できないが規模が大きく発電効
率が高いので経済性は比較的良い

アップドラフト式ガス化炉

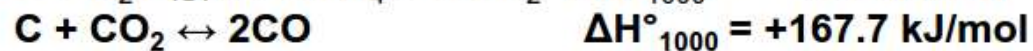
乾燥



熱分解



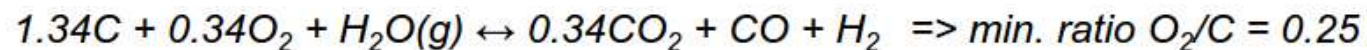
ガス化反応



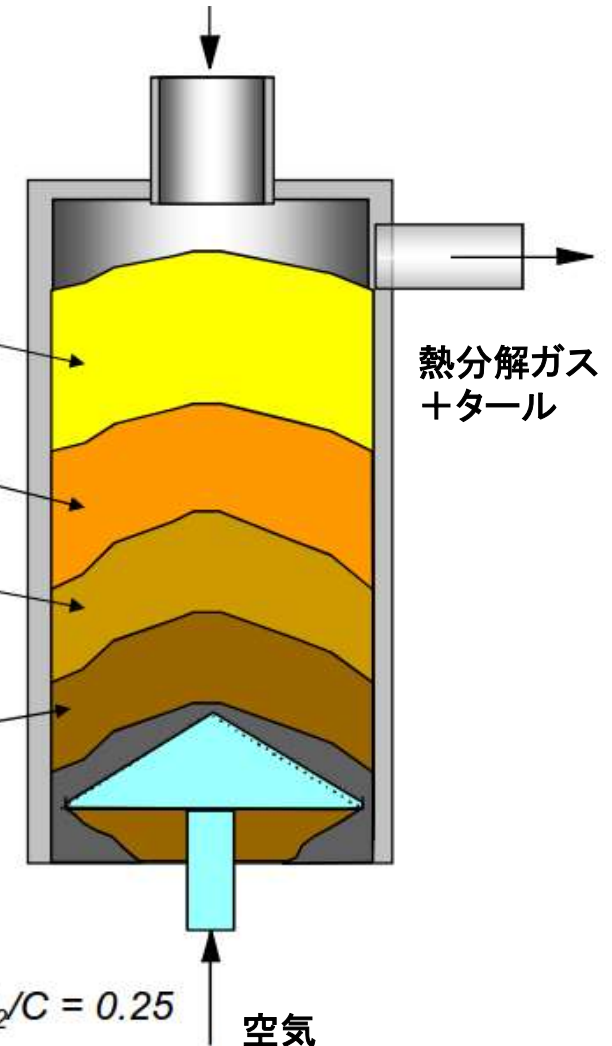
酸化(燃焼)



まとめ



燃料バイオマス



ダウンドラフト式ガス化炉

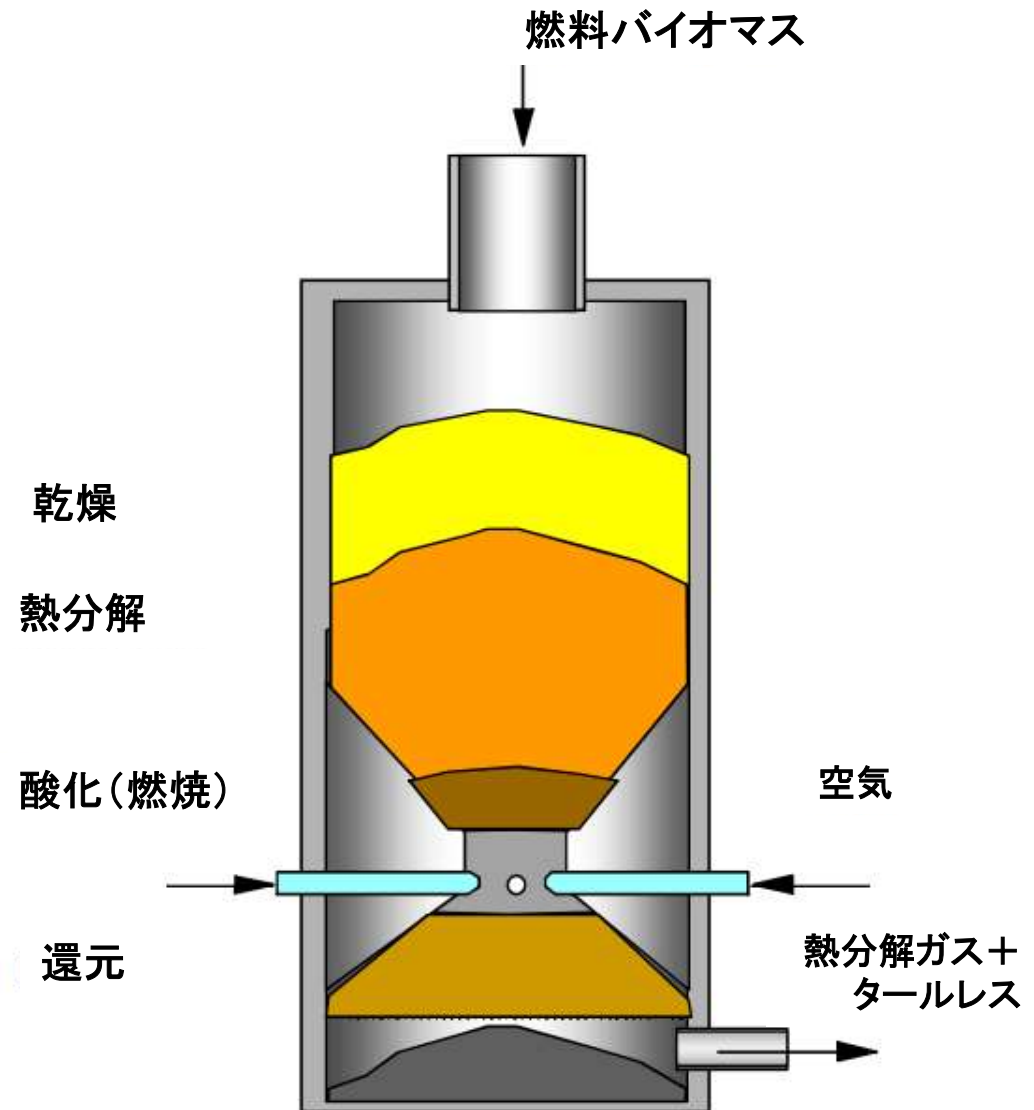
アップドラフト式ガス化とガスの流れが逆

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

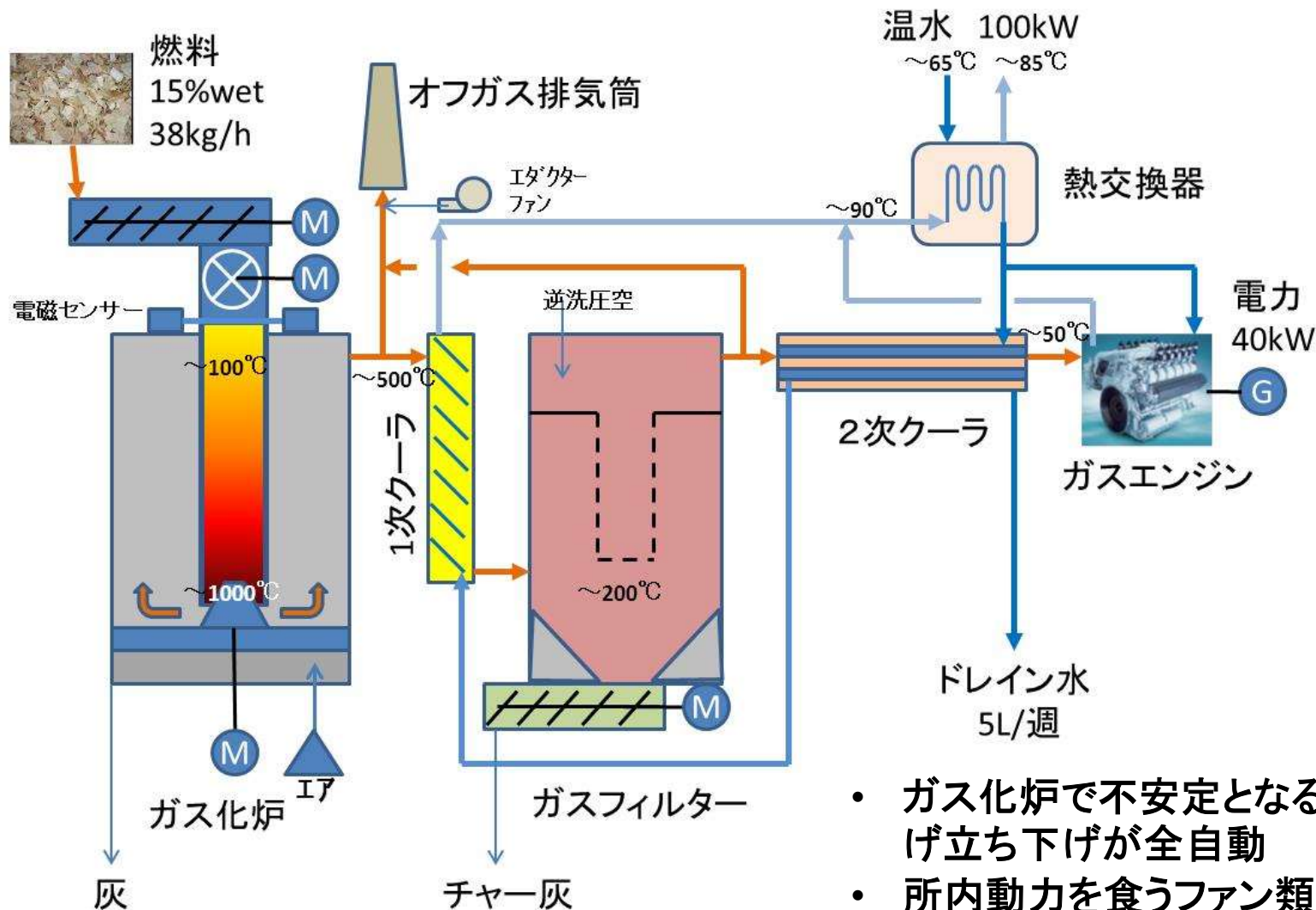
燃料の水分が多いと酸化層の温度が下がるのでタールが分解できなくなる(低水分のチップが必須)

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400kW以下)

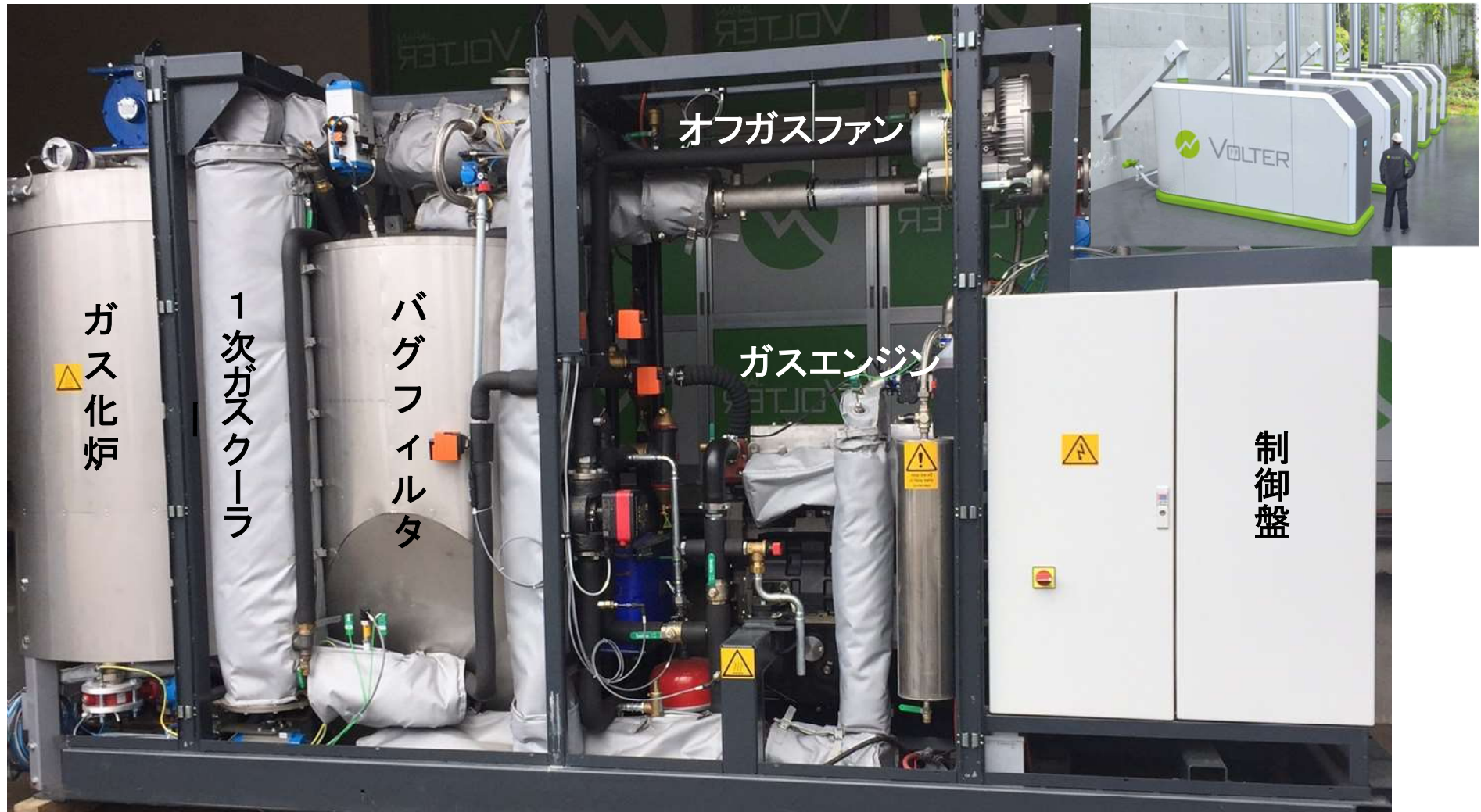


ダウンドラフト式のフロー(Volter)

ChugaiRo



- ガス化炉で不安定となる立上げ立ち下げが全自動
- 所内動力を食うファン類がほとんどない
- モーターは時々しか動かない



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・破碎の混合チップ



欧州の量産型ダウンドラフト炉の燃料チップ
水分率 15%



欧州のORC発電の低質チップ
水分率 50%

EN P63A M10 などと言われても
すぐには用意できない

チップパーは各種バラバラ

最大の問題はチップの含水率

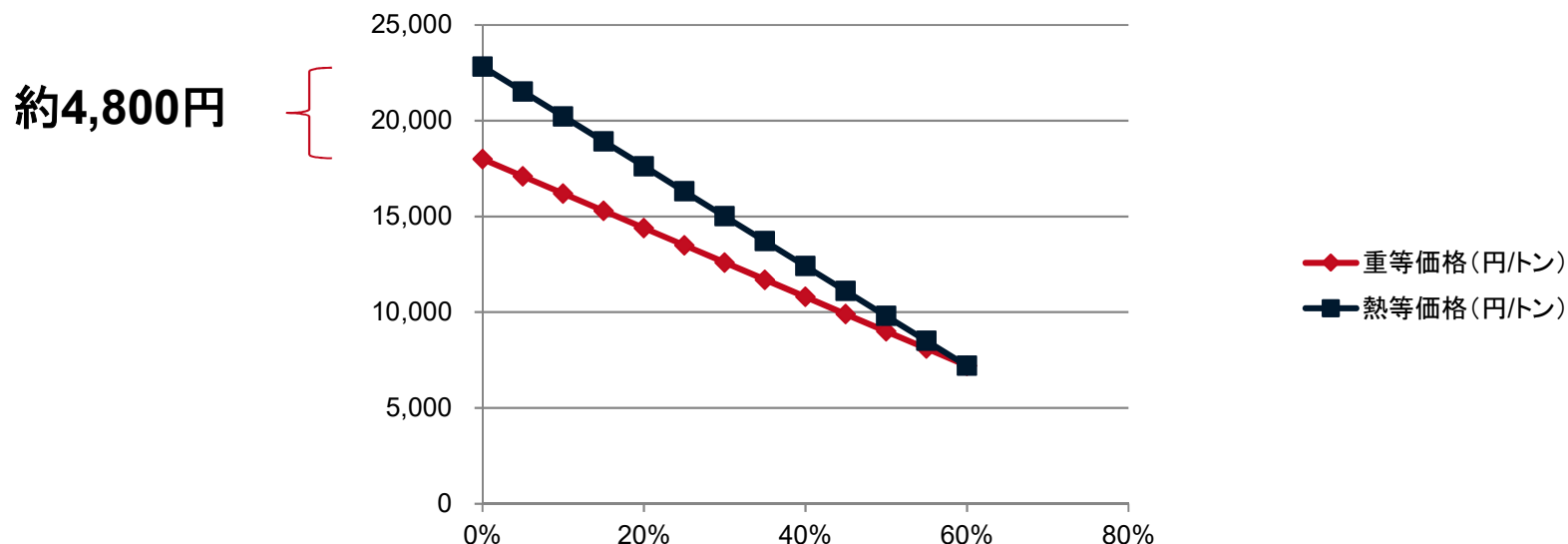
日本は杉、ヒノキなどの針葉樹が主体
生チップで平均50% (Wet基準) 冬は最大65%もザラ



一般にダウンドラフト炉は低含水率(10%程度)、形状に求められる幅が狭い

同じチップでも含水率で変わる価格と価値

ChugaiRo



重量等価コストと熱量等価コスト(9000円@50%wetの場合)

乾くと蒸発潜熱が減るので、熱量等価コストは重量等価コストより上がる
燃料として同じ重さで買うなら、できるだけ乾燥している方がよい

乾かすとチップの重さが軽くなるので、重量単価は上がる。

9000円@50%と18000円@0%は等価(自然乾燥)

所定の燃料バイオマスさえ用意できれば、失敗の可能性はゼロ



これが日本では難しい

欧州では乾燥した製材端材チップを主に利用

日本で製材端材チップで発電すると24円/kWhでしか売れない

未利用材(間伐材)丸太からチップをつくれば40円/kWh

しかし未利用材は生材なので水でズブズブ

乾燥が必須

乾燥しても多湿の夏季は大気の湿度が高くすぐに含水率が上がってしまう。

コージェネとは熱電併給のこと

英語ではCHP (Combined Heat & Power)

コージェネの種類

エンジン発電機＋排熱利用(例 エコウィル)

燃料電池＋排熱利用(例 エネファーム)

ガスタービン発電＋排熱利用

自動車もコージェネ(回転エネルギー＋車内暖房)

対義語

モノジェネレーション、トリジェネレーション

ガス化はガスエンジンの廃熱が450℃と高いのでエクセルギーの高い利用しやすい熱が得られる

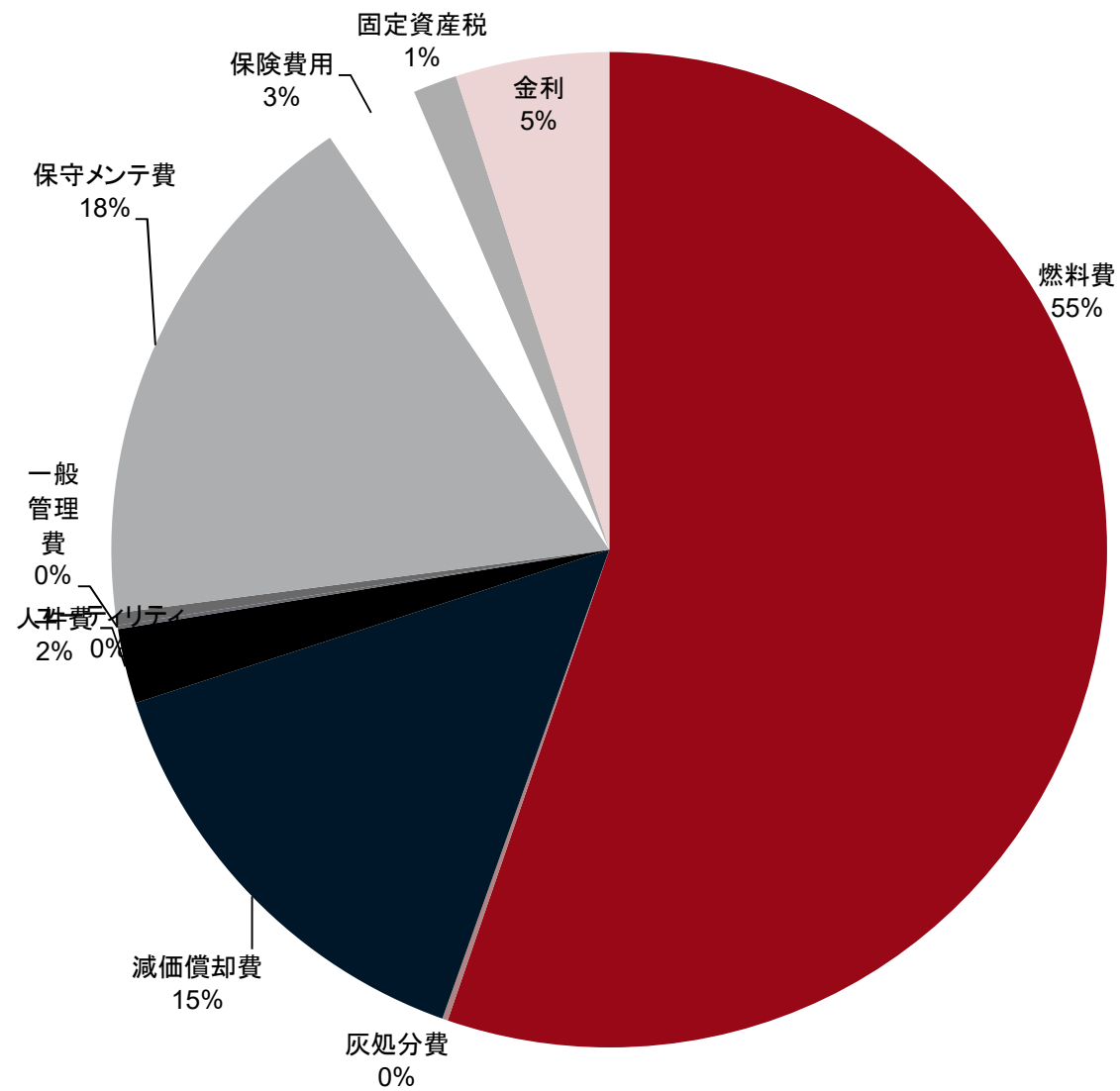
前提条件

冷ガス効率	70%
エンジン発電効率	33%
発電効率	23%
熱効率	47%
総合効率	70%
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%
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

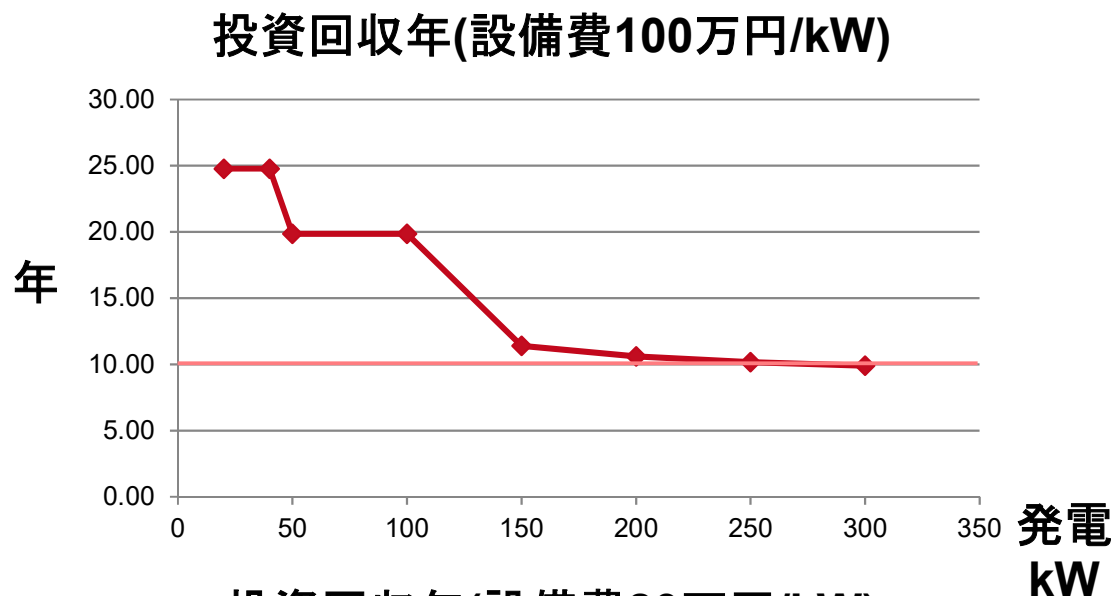
ガスエンジンのメンテ費が高額
なので注意！

事業採算性における原価構成(150kWのケース)

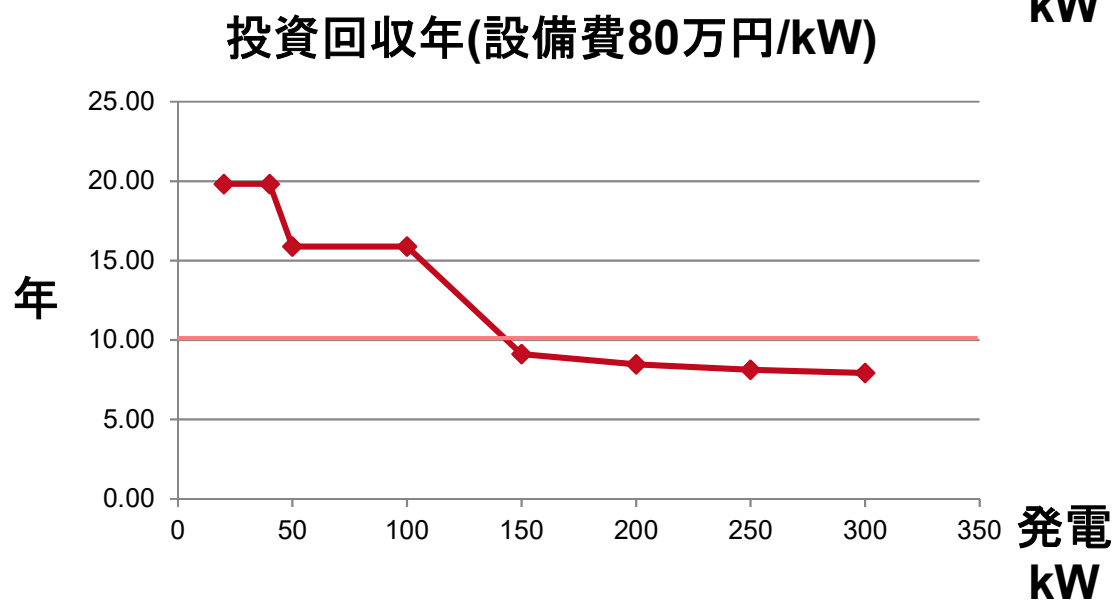
ChugaiRo



100kW以下は赤字



50kW以下は赤字

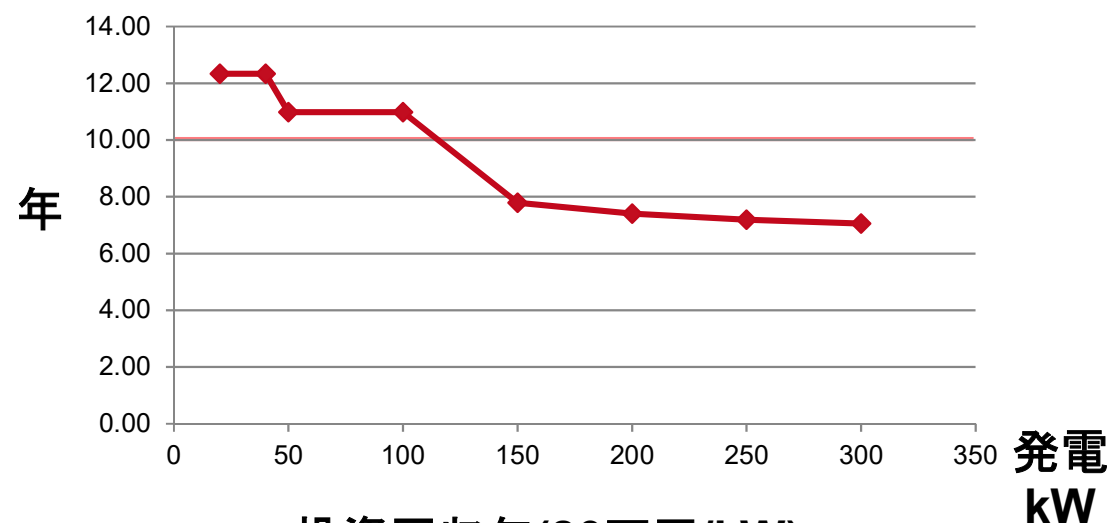


50%の熱が売れる場合

ChugaiRo

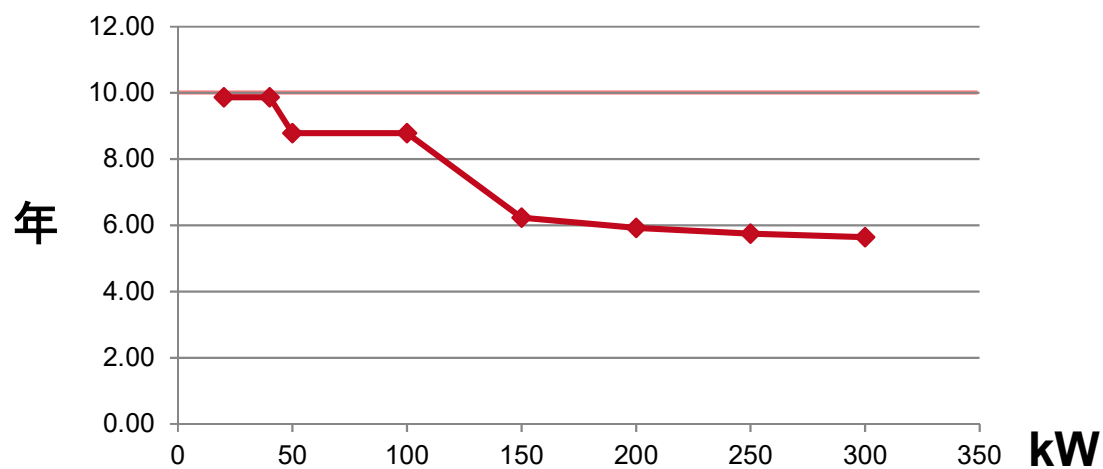
120kW以上ならIRR8%以上

投資回収年(100万円/kW)



すべてIRR8%以上

投資回収年(80万円/kW)



熱が売れないと小規模ガス化は40円FITでも成り立たない
自分のチップ乾燥に熱を使用することは自己熱利用で利益
は生まないためコージェネではない。

小規模ガス化は売熱規模も小さいので、熱の地産地消には
向いている

ただし設備費は設備単体の価格ではなく、当然総事業費な
ので注意が必要

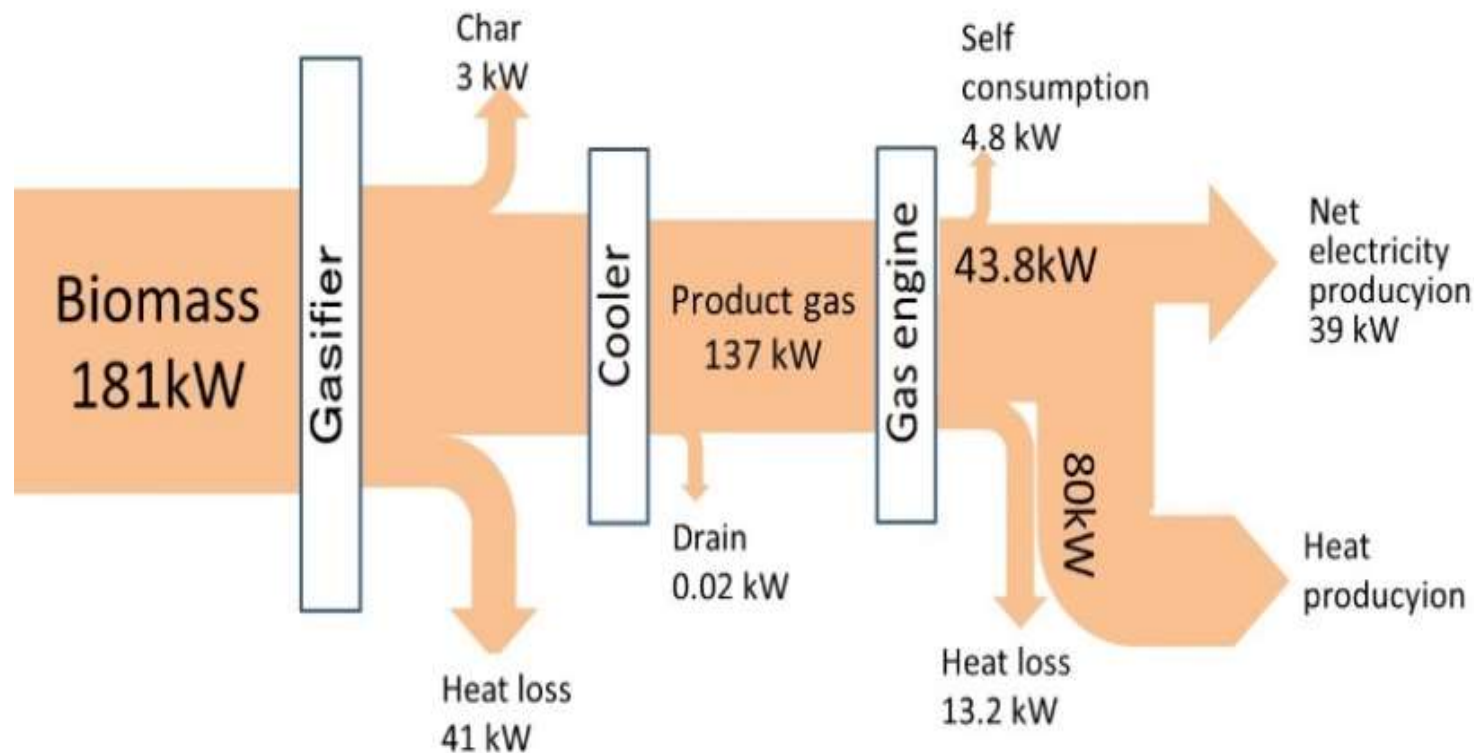
総事業費には基礎・建物(屋外仕様は小規模ではあまりない)、
燃料の投入装置、燃料の乾燥装置、系統連系、場合によつては
排水処理などが必要

- 燃料バイオマスの制約を把握しマッチングを検討する(種類、形状、含水率) 万能のガス化炉はない
- タールの問題はなくて当たり前



- FIT設備は実証試験ではないので、竣工後速やかに稼動を開始することが必要
- 稼動している設備の見学が詳細に渡り可能なこと(海外でも出向き自分の目で確かめること)
- 何でもガス化できるは、結局、何も出来ないと心得るべし
- 実績設備のトラックレコードを開示してもらうことは、必須条件

- 冷ガス効率、ガスエンジンの単体の発電効率、廃水の量と処理、灰(炭化物)の量と処理 所内動力量 メンテ費用などの情報がすぐに開示されること→物熱収支図を入手してチェック



長所

1. システムがシンプル
2. 比較的安価
3. ガス化炉でタールが分解できタールが少ない
4. 所内消費電力が少ない

短所

1. 乾燥チップしか扱えない
2. 水分の多いチップを誤って入れると壊れる
3. 原料の制約が多い(細かいものの不可、繊維状不可、灰分の多いものの不可など)

ダウンドラフトはチップが命

欧州のチップは松が主体（生チップ含水率40%以下）

水分、サイズがEN規格で管理

日本のチップは杉が主体（生チップ含水率60%が普通）

形状も様々で規格もない（事業者任せ）

従来

事業者（破砕→乾燥チップ）×→ガス化発電設備（メーカー）

Or

事業者（破砕）×→乾燥（メーカー）→ガス化発電設備（メーカー）

×が揉める元凶

燃料チップからトータルで責任管理することが必要

あるべき姿

事業者(破砕)→乾燥(メーカ)→ガス化発電設備(メーカ)

熱利用も含めて、すべてのシステムをメーカ or コンサル
が責任管理する体制で事業に臨む

海外製は日本のチップを現地設備に持ち込み試験する
国内製は実績設備に事業で使用するチップを持ち込み試験する

1. チップの性状は金がかかってもベストなものとする
こと
(ケチって動かなければ元も子もない！)
2. 計画時にメーカの数値を検証すること
3. 実機テストは必須
4. 設備単価は80万円/kWh以下
(総事業で考えること 乾燥、連系、サイロなど注意)
5. 熱電併給設備であるので熱利用率は少なくとも50%
以上あるところに導入すること
6. 廃熱でバイナリーは価格高かつ効率が悪すぎて論外
そんなに発電だけをしたければ小規模FITは諦めること

乾燥コンテナによるチップ搬送・乾燥システム (熊本県南関町と愛知県設楽町で事業化FS中)

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

