

# 木質バイオマス小規模ガス化発電 その現状と課題

中外炉工業株式会社

事業開発室

環境・バイオマスグループ

笹内謙一

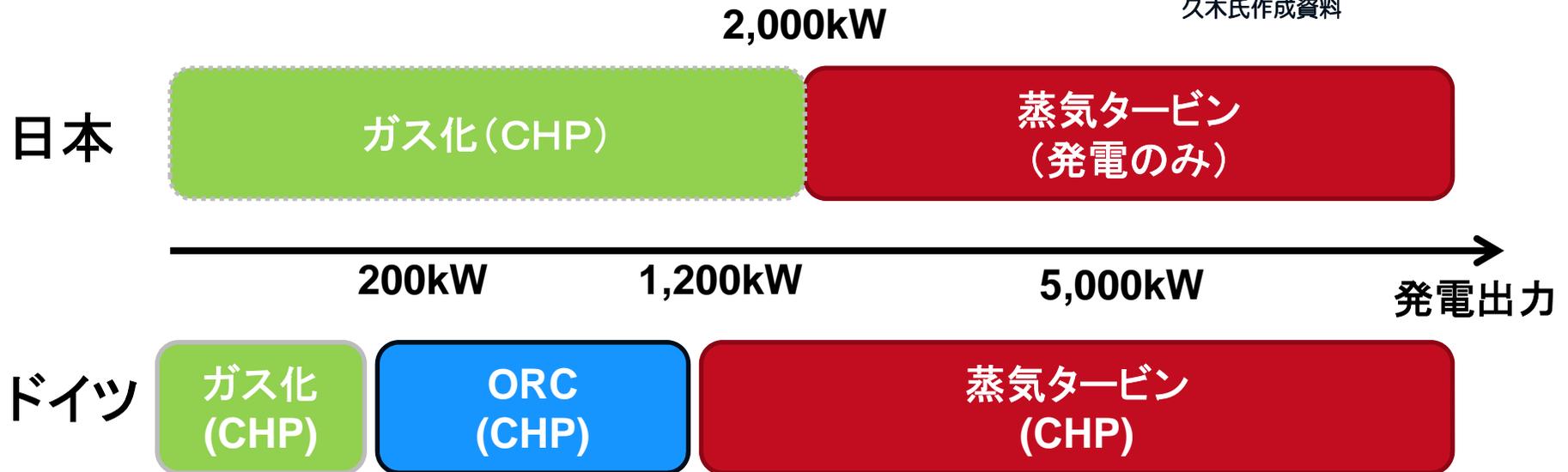
バイオマス産業社会ネットワーク第155回研究会 2016年2月23日

- 1 今なぜガス化が注目されているのか
  1. 2MW未満ガス化発電設備の普及状況
  2. 最近のニュース
- 2 ガス化の化学
  1. ガス化の原理
  2. ガス化効率とガスエンジンの発電効率
  3. 木質チップの水分率
- 3 小規模ガス化発電普及のための課題
  1. 発電規模と事業採算性
  2. ガス化発電設備導入の留意点
  3. 小型ガス化の本命技術・ダウンドラフト式ガス化導入の留意点
- 4 質疑

# 1 いまなぜガス化が注目されているのか

# 1.小規模ガス化が注目される背景

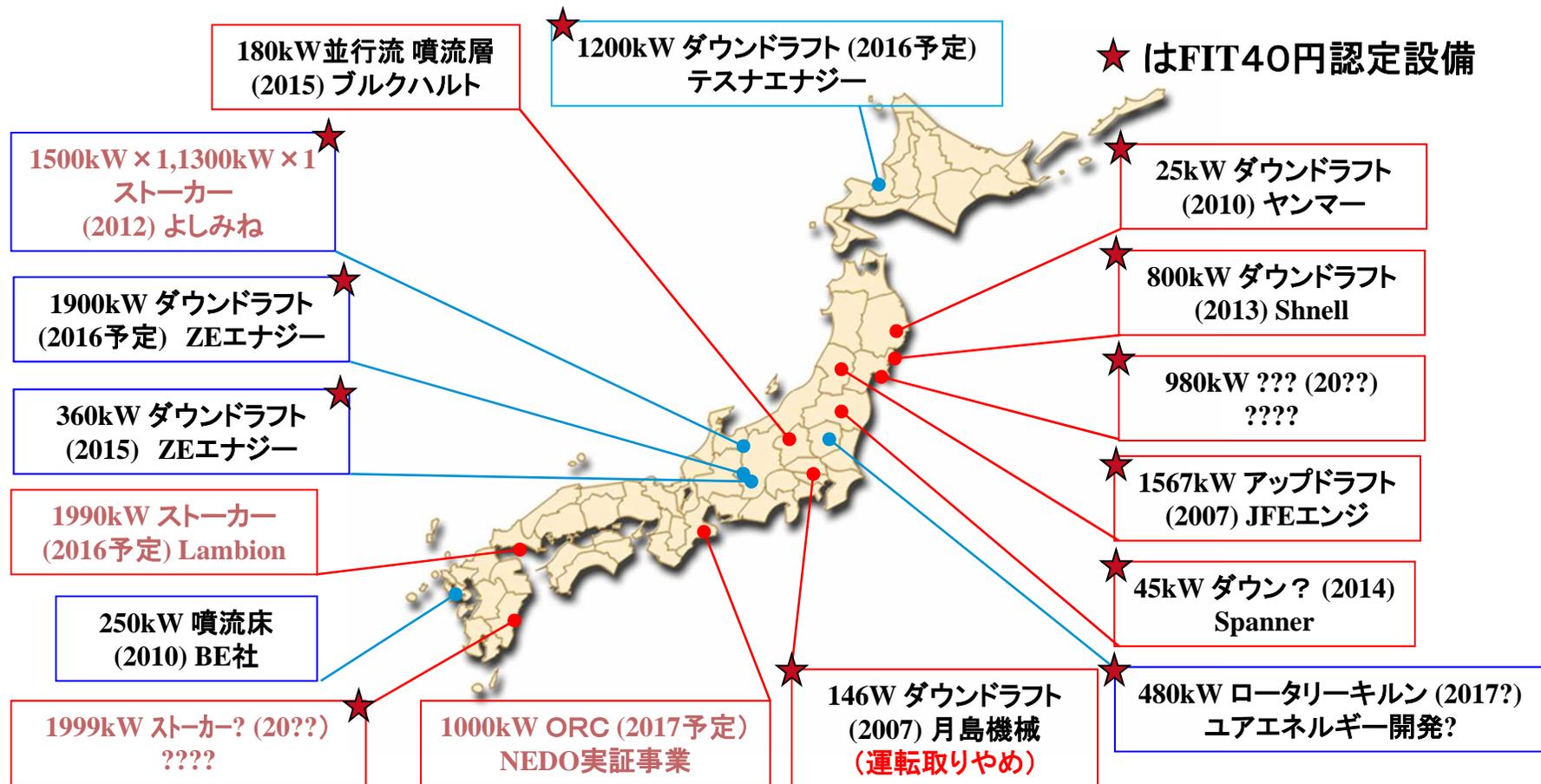
※出典 バイオマスアグリゲーション  
久木氏作成資料



- 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

# 小規模バイオマス発電の最近の状況(公表ベース)



- ◆ FIT認定移行分含む2015年10月末現在 うちガス化が12/16件 **赤枠は海外技術**
- ◆ 未認定のものは補助金で建設したものor移行申請手続き中

秩父のバイオマス発電所 市、運転再開を断念 国の補助金出ず(出典 27年12月2日付 東京新聞)



**FIT40円なら年間330日稼働  
で3500万円の収入なのに  
なぜ??**

秩父市が、昨年3月に起きた火災後に運転を休止している木質バイオマス発電施設「ちちぶバイオマス元気村発電所」(秩父市上吉田)について、運転再開を断念したことが市への取材で分かった。森林の間伐材を有効利用する発電所として注目を集めたが、再開する場合は国の補助金が出ず、年間3000万円程度の運営費を市が負担しなければならないためという。(出来田敬司)

バイオマス発電では、間伐材を砕いたチップ(木質チップ)を利用する。蒸し焼きにしたチップから発生したガスでエンジンを動かして発電する。

同発電所は市営野外学習施設「吉田元気村」内にあり、国内初の実用機として二〇〇七年一月に本格稼働を始めた。出力は百十五キロワットで、発電量は一般家庭約百二十世帯分の消費量に相当するという。主に吉田元気村の施設に電力を供給し、一二年に百万キロワット時の通算発電量を達成した。

同発電所は全国的にも注目され、昨年度までに大学や企業から一万二千四百人の視察を受け入れてきた。しかし昨年三月に木質チップや設備の一部を焼く原因不明の火災があり、発電できなくなった。

市によると、休止前の発電所の運営費は年間四千万円程度。このうち人件費など**二千万~三千万円は国の補助金**で賄ってきた。しかし、この補助金には交付期限があり、運転を再開すると運営費は全額市の負担になるという。運営費を切り詰めても三千万円以上になる見通しで、市は最終的に再開断念を決めた。

同発電所は、栗原稔前市長が秩父地域の森林資源を生かし、地元の雇用も生み出せるとして実現にこぎ着けた。しかし、〇九年四月の市長選で栗原氏を破って初当選した久喜邦康市長が運営費に課題があるとして同五月から四カ月間、一時休止した経緯もある。

市環境立市推進課の担当者は「多額の維持費がかかり、火災に遭う以前から運転コストをどう改善するかが課題だった。今も多くの視察があり、全国の木質バイオマス発電の推進に一役買ったと思う。環境学習の施設として取り壊さないが、もう火を入れることはない」と話している。

同発電所の建設費は二億四千三百万円で、林野庁が一億一千五百万円の補助金を出していた。運転休止に伴い、同庁は減価償却分を除く**約六千九百万円の返還**を市に請求している。

## 新出光 木質バイオマスからの水素製造ビジネス、事業化断念。プラント機能せず(27/10/13)



pixta.jp - 47397

九州を中心にした石油販売事業の新出光(福岡市)は、子会社のイデックスエコエナジー(福岡県大牟田市)が2011年から取り組んでいた木質バイオマスから水素を製造・販売する事業から撤退、同社を法的整理すると発表した。

同事業は、2011年10月にイデックスエコエナジーが、日立造船製の製造プラント(通称:福岡ブルータワー)を福岡県大牟田市の大牟田エコタウン内に立ち上げ、間伐材等の木質チップをガス化して高純度の水素ガスを製造、それを親会社の新出光が工業用水素等の用途で販売することを目指し、準備を進めてきた。

木質バイオマスから水素を製造する世界初の商用プラントとして、農林水産省の助成金の交付も受けていた。事業計画では、福岡県内から出る間伐材などを受け入れ、プラントのタワーで熱分解およびガス化した後、改質・精製を行い、15トン/日の木材から約7,200m<sup>3</sup>の高純度水素を製造する予定だった。

プラントは設計上、同規模の水素をLNGから製造する一般的な場合に比べて、製造時におけるCO<sub>2</sub>排出量を年間で75%削減できるはずだった。しかし予定通りの安定的で高純度の水素ガスを製造できず、同社はこのままでは事業維持が困難と判断、事業撤退を決断した。

新出光は事業化断念の理由として、当プラント自体に「技術的問題」があったとしている。具体的には、特許保有企業より説明を受けていた福岡ブルータワー最大の特徴である「ガス化過程におけるヒートキャリア(熱媒体アルミナボール)によるタール除去」が実現できなかった、という。

ただ、同社は、「いかなる理由であろうとも、事業化を決定した責任はわが社にあり、本件の経緯について十分に社内で検証し、今後も社会に微力ながら貢献していく」と説明している。

すでに製造プラント施設は9月末に閉鎖、イデックスエコエナジー社は法的整理を行う予定。イデックスエコエナジーはバイオマス水素の製造・販売を目的に2009年11月に設立。資本金は5,000万円(新出光100%出資子会社)。売上高0円(2015年3月期)。従業員数2名(2015年9月末時点)。

[http://www.idex.co.jp/news\\_release/photo/pdf1\\_132.pdf](http://www.idex.co.jp/news_release/photo/pdf1_132.pdf)

Shnell(独) 気仙沼地域エネルギー開発400kW × 2

Brulkhalt(独) 上野村 180kW

TyssenKrup Otto(奥) 2000kW

エジソンパワー(奥) 1000~2000kW

} 同じ奥Gussingのガス化炉

Spanner(独) 郡山市 45kW

Volter(フィンランド) 40kW

ESPE(伊) 49kW

プーダス(フィンランド) 40kW

URBAS(独) 150kW

## 2 ガス化の化学

## 2.-1 ガス化の原理

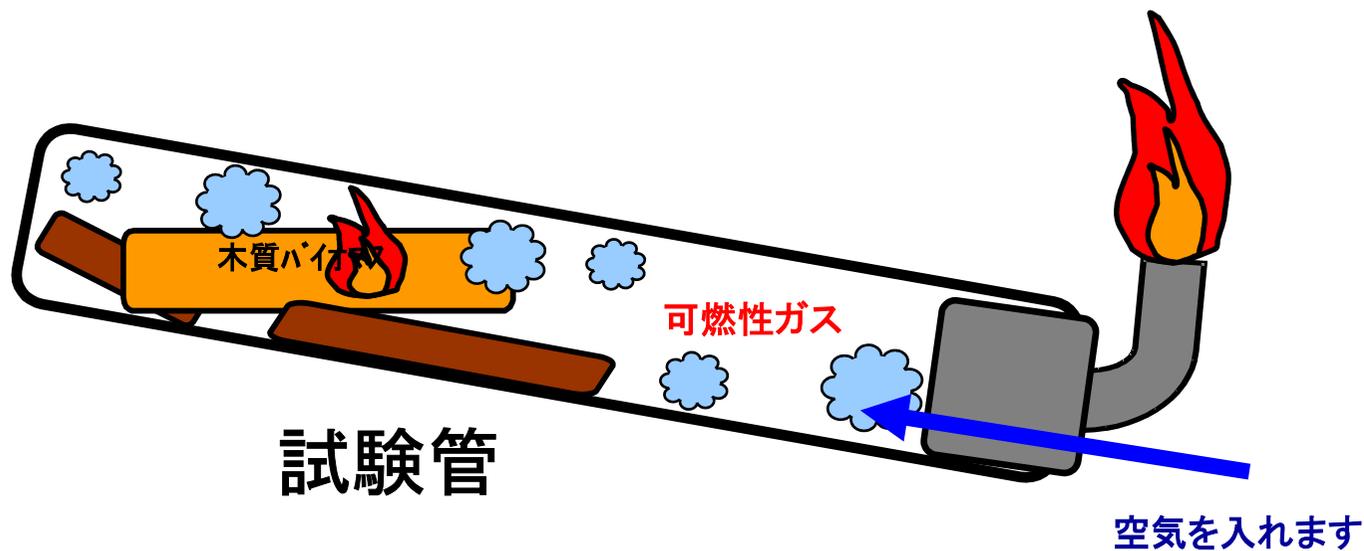


No.	反応式	反応熱 [kcal/mol]	反応速度
①	$\text{C} + \text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$	97.5	急速, 1000°C以上では瞬時的
②	$\text{C} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}$	29.39	急速
3	$\text{C} + \text{CO}_2 \rightleftharpoons 2\text{CO}$	-38.22	1, 2 と比べると低速, 1000°C以上でおこる。900°C以下で逆反応
④	$\text{CO} + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{CO}_2$	67.91	10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°C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°C以上でおこる。900°Cで6と同速、1480°C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	$\text{H}_2 + 1/2\text{O}_2 \rightleftharpoons \text{H}_2\text{O}(\text{g})$	57.75	急速

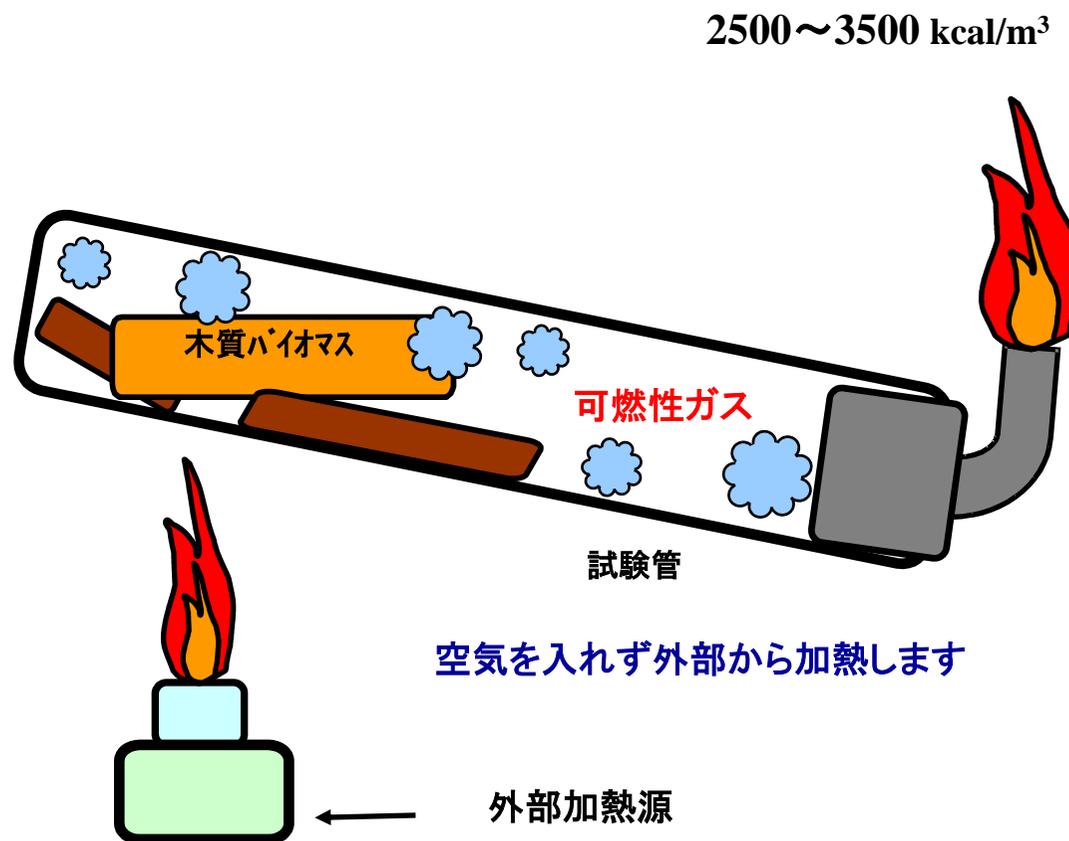
# ガス化の原理 ー直接ガス化ー

## 直接式ガス化の原理

900~1200 kcal/m<sup>3</sup>



# ガス化の原理 —間接ガス化—



# 木チップの組成(例)

		重量分率	
熱分析	揮発分	dry%	83.5
	固定炭素	dry%	15.2
	灰分	dry%	1.3
成分	C	dry%	46
	H	dry%	6.1
	N	dry%	0.2
	O	dry%	46
	T-S	dry%	0.22
	T-Cl	dry%	0.39
	Na	mg/kg-dry	360
	K	mg/kg-dry	1500
高位発熱量		J/g	19200



杉間伐材チップ

## 2-2. ガス化効率とガスエンジンの 発電効率

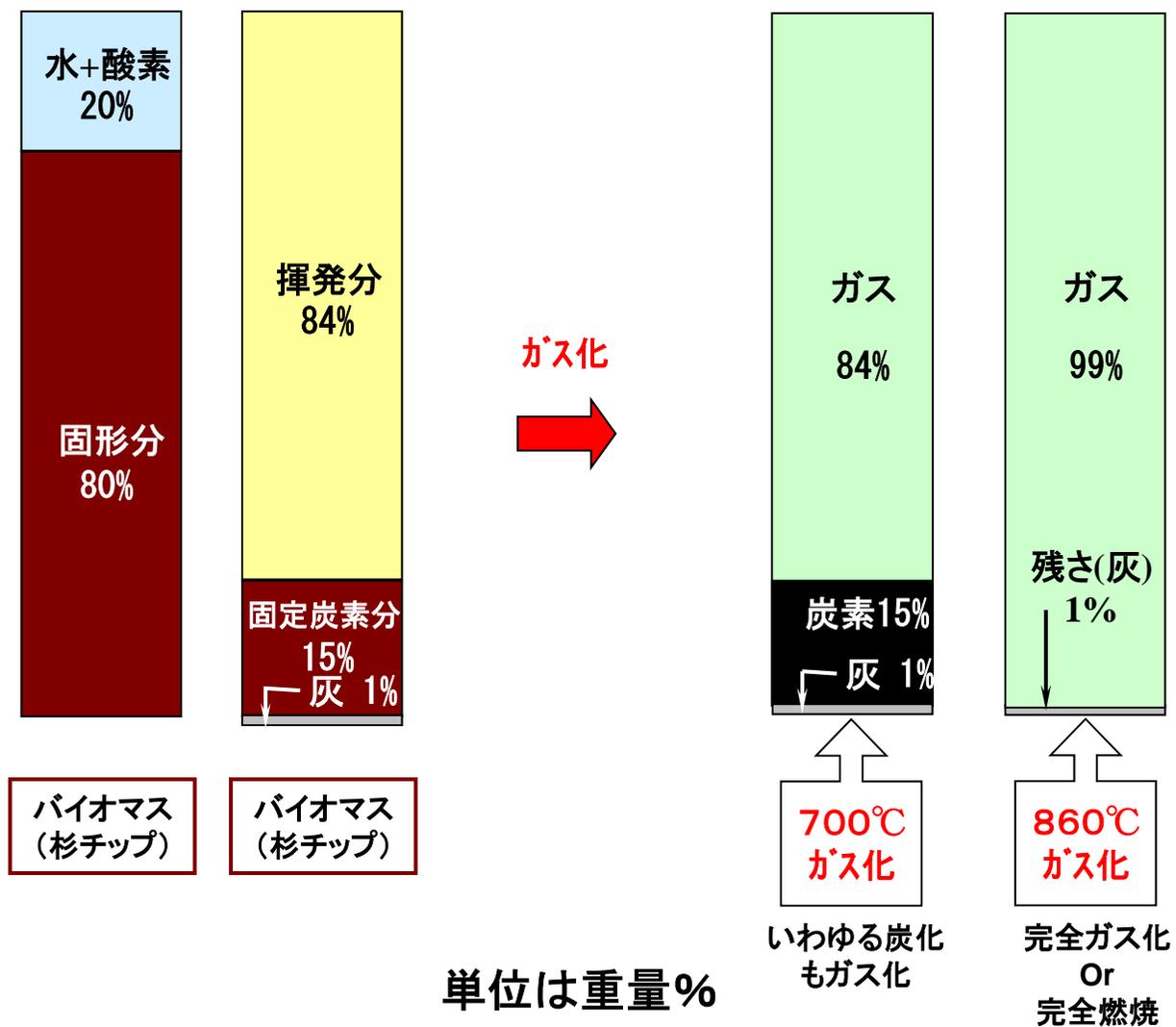
## 熱分解ガス化発電の発電効率

冷ガス効率 (50~75%)

$$\begin{aligned} &\times \text{ガスエンジンの発電効率 (30~40\%)} \\ &= 15\% \sim 30\% \end{aligned}$$

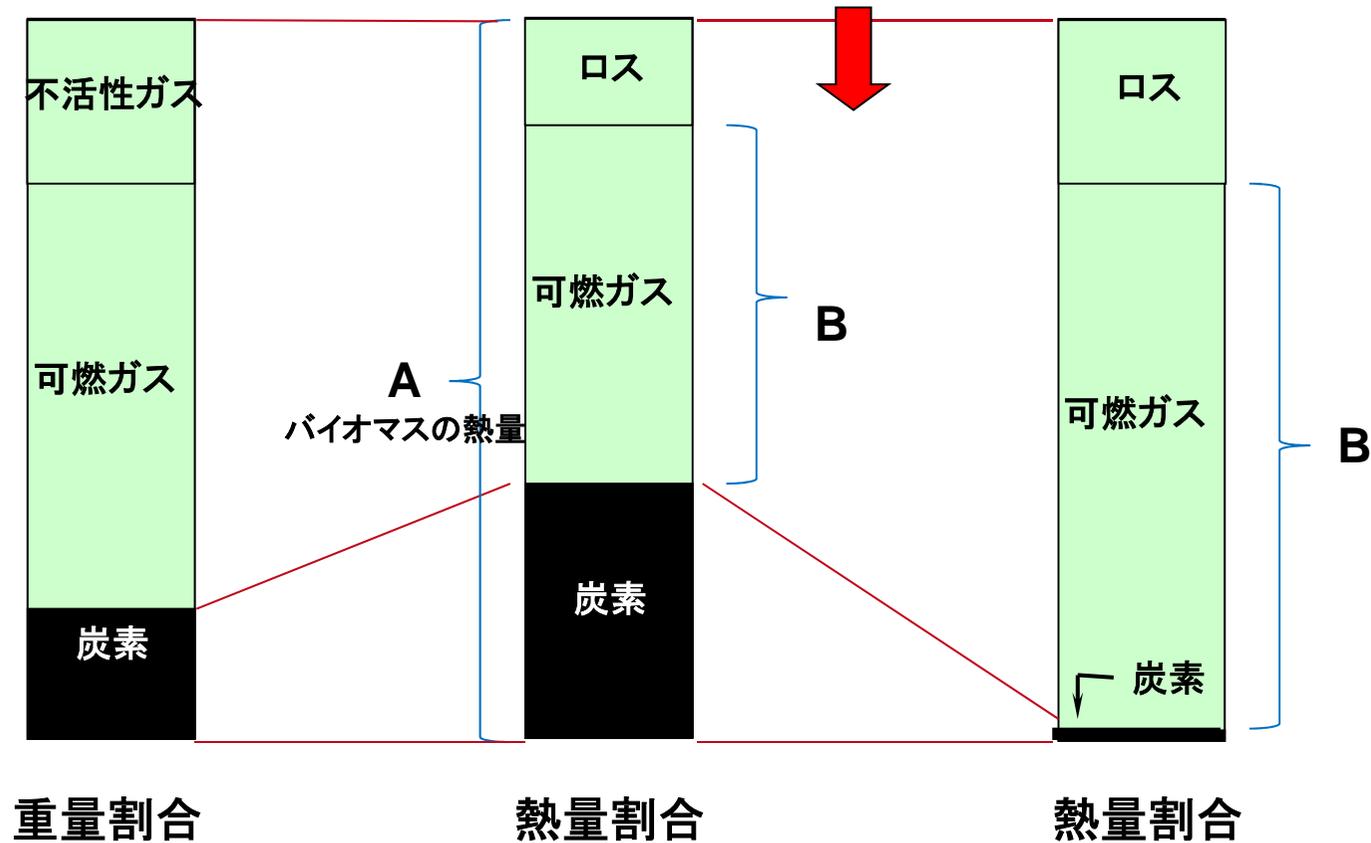
- ※冷ガス効率はガス化炉によって違う
- ※ガスエンジンは大型ほど効率は高い

# ガス化とは 揮発分と固形分をガスに変えること



# 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！



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

バイオマスガス用エンジンはないので主として天然ガス用ガスエンジンを流用。エンジン単体で発電効率30～36%

エンジンメーカーは天然ガス同等の無タールを要求

欧： GEイエンバツハ社 MANを使用(3G社など)

日： ヤンマー(混焼エンジン 外販しない)、大原鉄工所  
自動車用エンジン流用 農林バイオマス3号(トヨタ)

ディーゼルオイル混焼はオイル熱量を差し引く必要あり

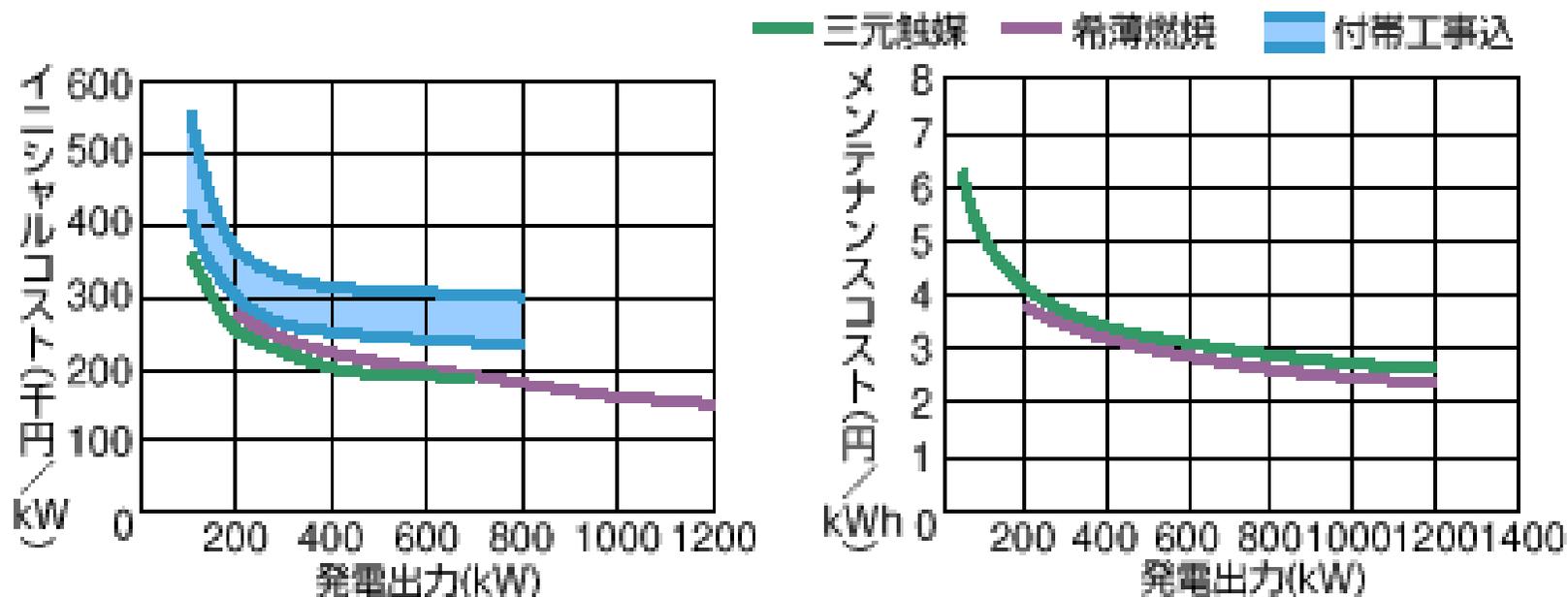
熱分解バイオマスガス用エンジンについては日本エネルギー学会  
誌2009年9月号に詳細な特集記事あり

[http://ci.nii.ac.jp/vol\\_issue/nels/AN10373883/ISS0000469466\\_ja.html](http://ci.nii.ac.jp/vol_issue/nels/AN10373883/ISS0000469466_ja.html)



MAN ガスエンジン  
(MAN社カタログより)

# ガス化の弱点は高いエンジンメンテコスト



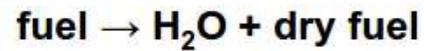
メンテナンスコストは蒸気タービンの0.5円/kWhに対して割高 かつ上図は国産天然ガスエンジンのものなので、輸入バイオマス用エンジンではさらに割高  
ガス化発電では¥5/kWhが世界標準 すなわちFIT¥40でも実質¥35/kWhスタート

出典: 日本コージェネレーションセンターHP

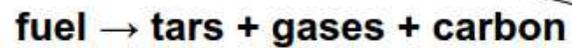
<http://www.cgj-apan.com/japanese/examine/exa11.html>

## アップドラフト型ガス化炉

乾燥



熱分解



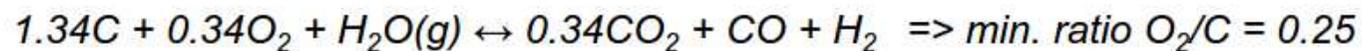
ガス化反応



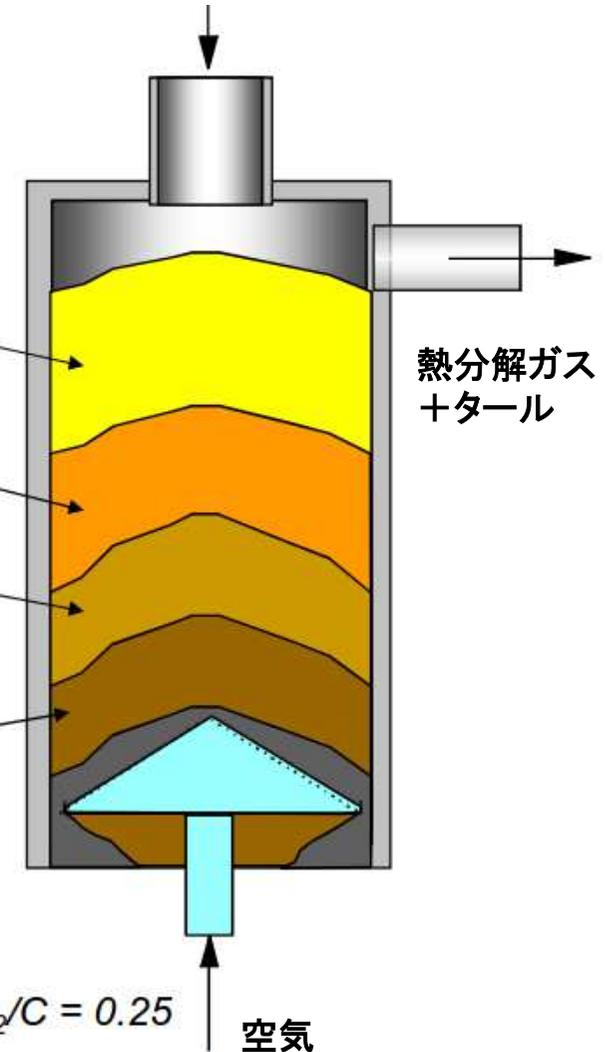
酸化(燃焼)



まとめ



燃料バイオマス



## ダウンドラフト型ガス化炉

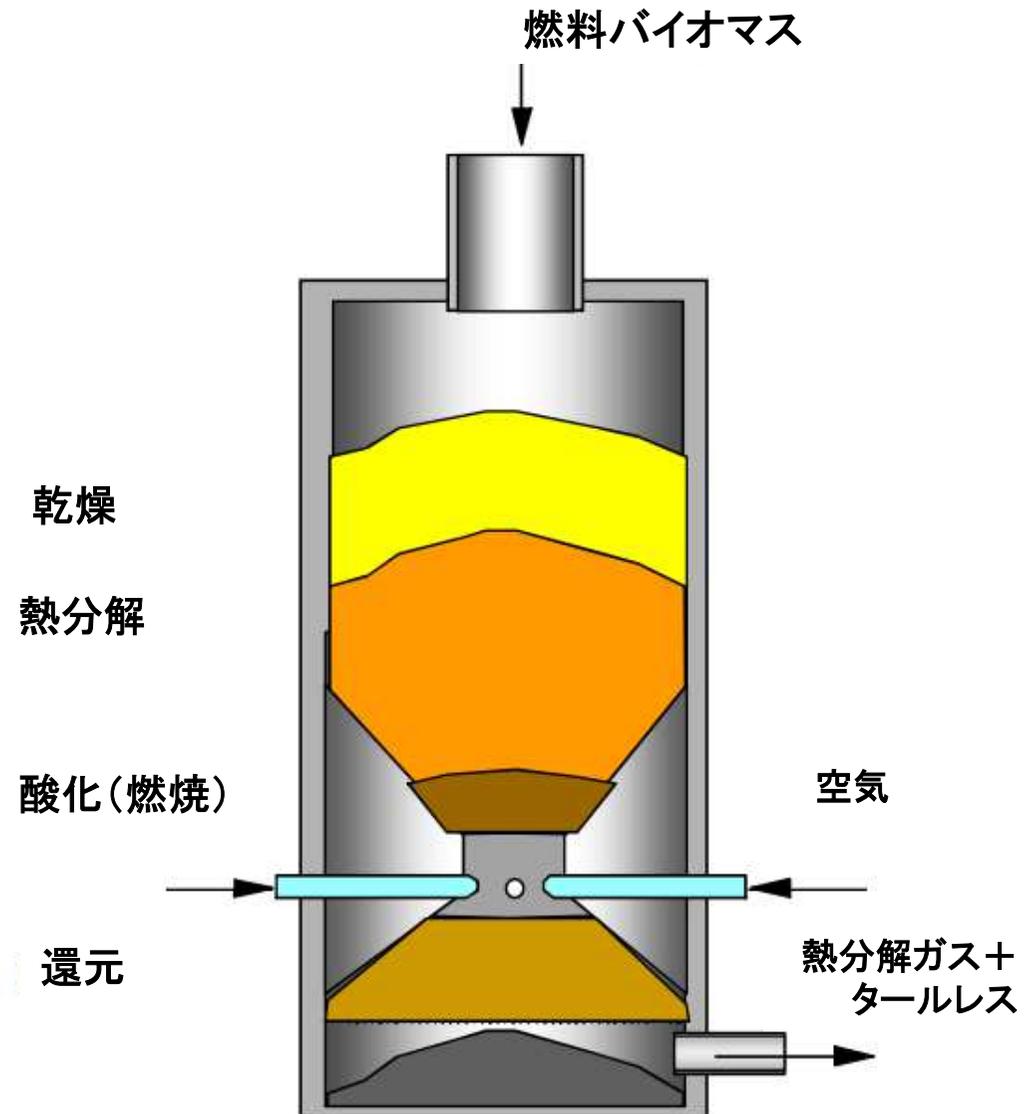
アップドラフト式ガス化とガスの流れが逆

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)



# ガス化炉の種類

ChugaiRo

ガス化方式	直接式			間接式		
炉型	アップドラフト	ダウンドラフト	加圧循環流動層	噴流層	ロータリーキルン	循環流動層
原料	湿チップ定形	乾チップ定形	乾チップ定形	粉体(乾)	乾～湿チップ定形～不定形	乾チップ定形20mm以下
異物	大きなものは不可			絶対不可	50mmまでOK	大きなものは不可
ガス(kcal/m <sup>3</sup> N)	CO主体 1000～1200			H <sub>2</sub> 主体 2000～2500		
発電規模(kW)	30～2500	30～350	150～	50～250	50～1000	35～
設備構成	単純	単純	複雑	複雑	複雑	複雑
タール除去方式	湿式除じん機 触媒改質(西島)	炉内で改質+スクラバー	無関係	炉内で水蒸気改質+スクラバー	炉外で酸素改質+スクラバー	炉内で水蒸気改質
排出物	チャーアッシュ・廃水(多)	チャーアッシュ・廃水(小)	灰	灰・廃水(多)	灰	灰 廃水?
メーカー	JFEエンジ	ヤンマー 独SHNELL 独Spanner など多数	川重	バイオマスエナジー社	中外炉 ユア・エネルギー 開発	ジャパンブルーエナジー

## 2-3. 木質チップの水分率

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

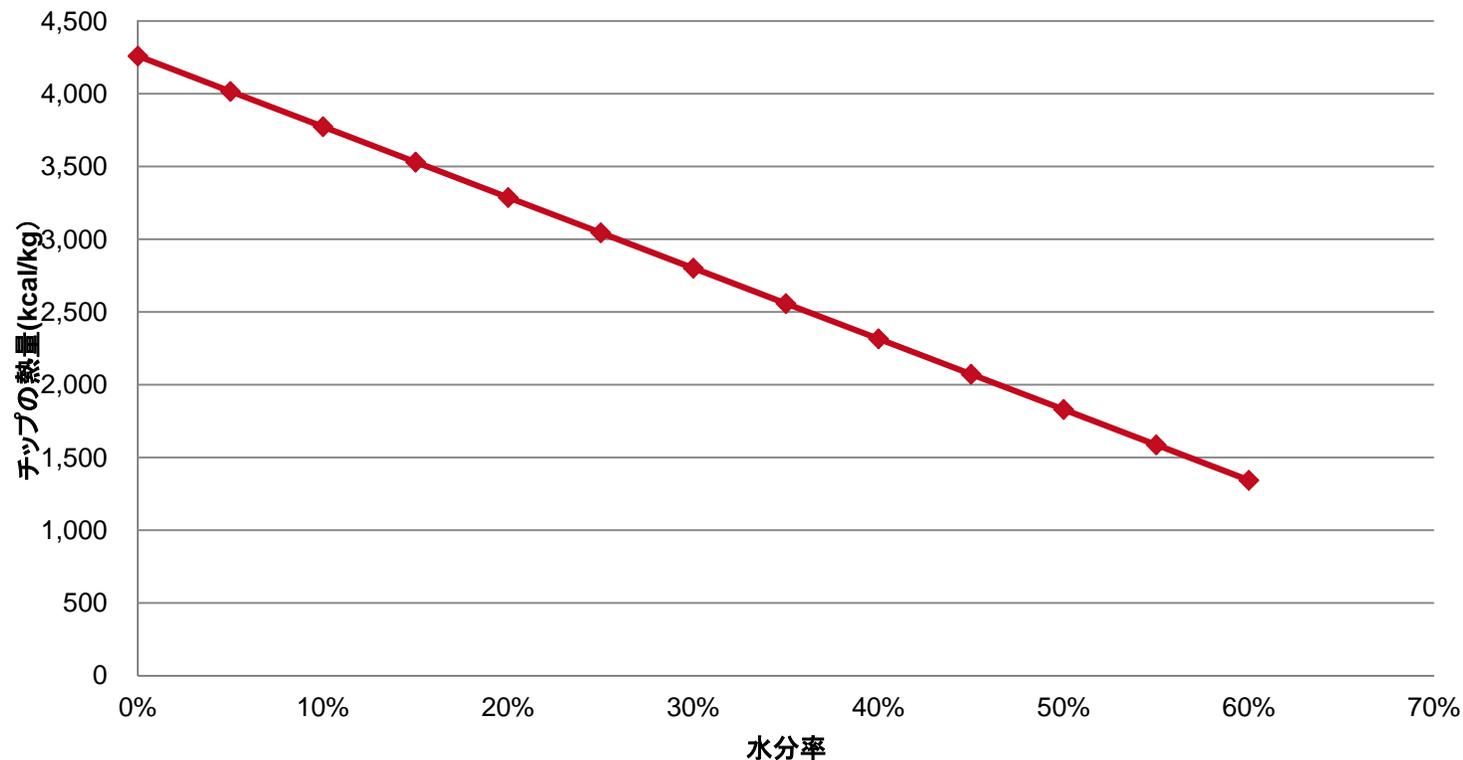


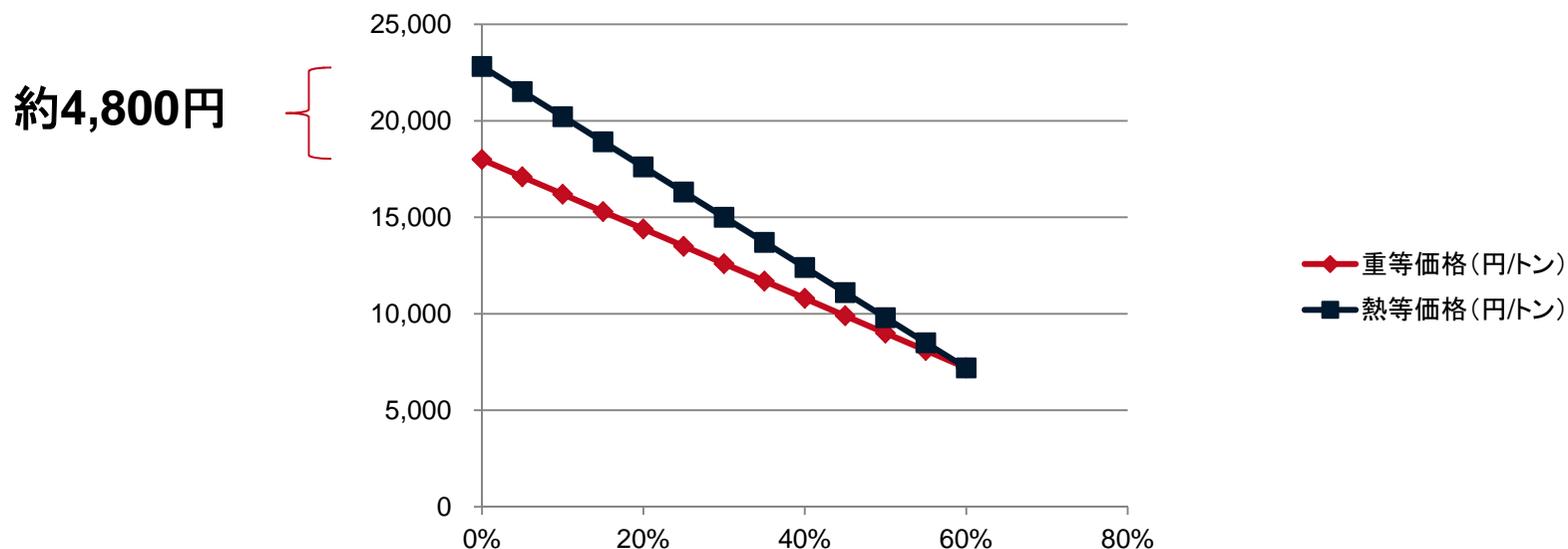
欧州の量産型ダウンドラフト炉の燃料チップ  
水分率 15%



欧州のORC発電の低質チップ  
水分率 50%

一般に木質チップは重さ(円/トン)で取引されているが、水分が多いほど熱量が下がり価値も下がる  
(いわゆる水増し)





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

水分率を基準にチップ購入単価を決めるべき

### 3. 小規模ガス化普及のための 課題

欧州ではパッケージ型大量生産で比較的安価  
乾燥原料(12~18%水分率)など欧州の規格バイオマ  
ス限定

欧州で数百基規模の実績

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

## 3-1. 発電規模と事業採算性

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

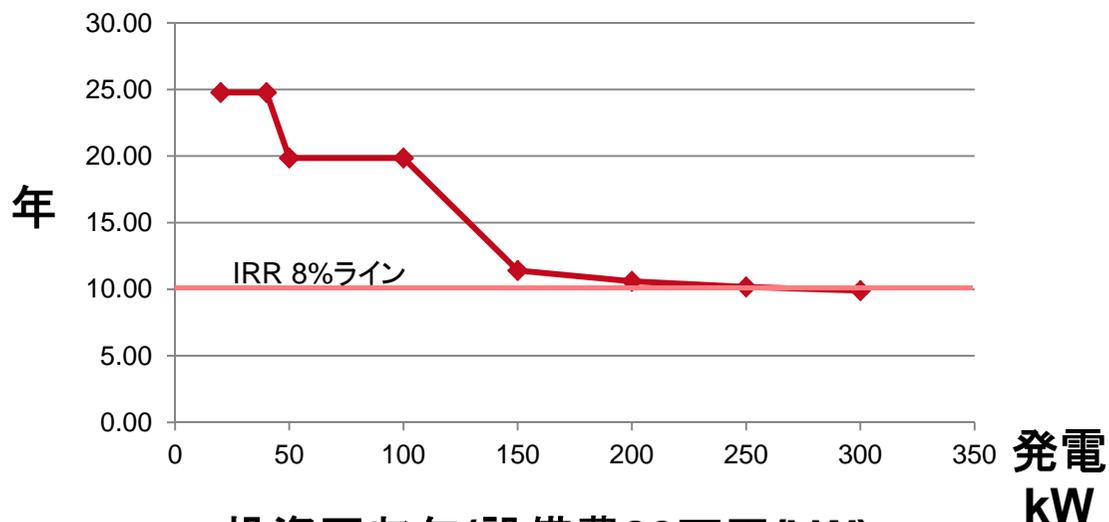
ガス化はガスエンジンの廃熱が450℃と高いのでエクセルギーの高い利用しやすい熱が得られる

## 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	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	
メンテ費	¥7~10/kWh	

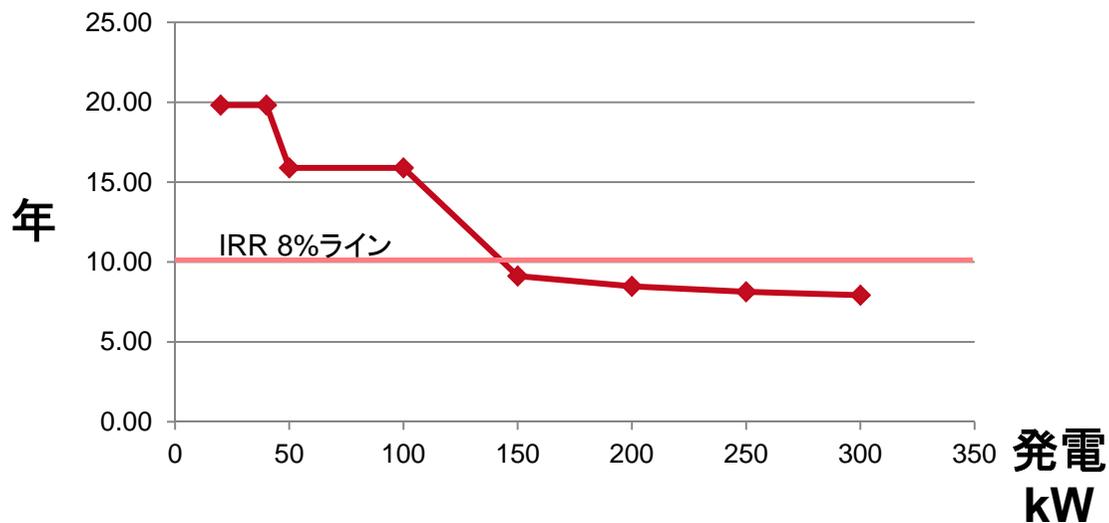
100kW以下は赤字

### 投資回収年(設備費100万円/kW)



50kW以下は赤字

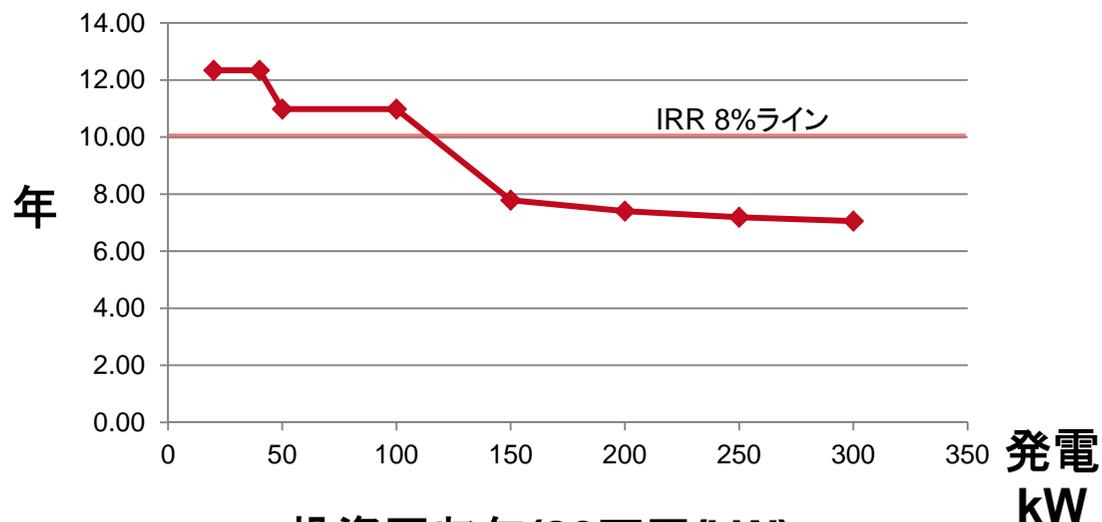
### 投資回収年(設備費80万円/kW)



# 50%の熱が売れる場合

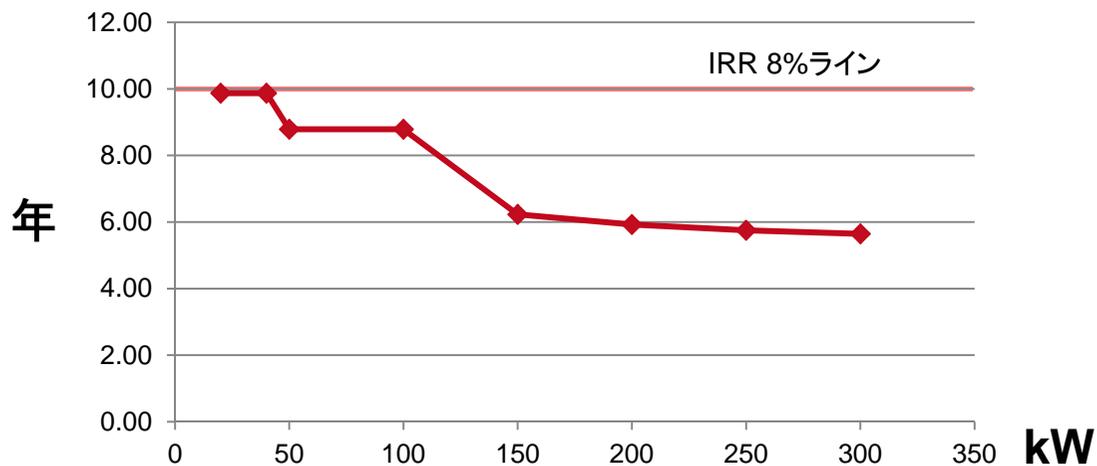
120kW以上ならIRR8%以上

### 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  
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

建物(屋外仕様は小規模ではほとんどない)、基礎、屋外配管、燃料の投入装置、燃料の乾燥装置、系統連系装置、1次電気設備などが必要

## 3-2. ガス化設備導入の留意点

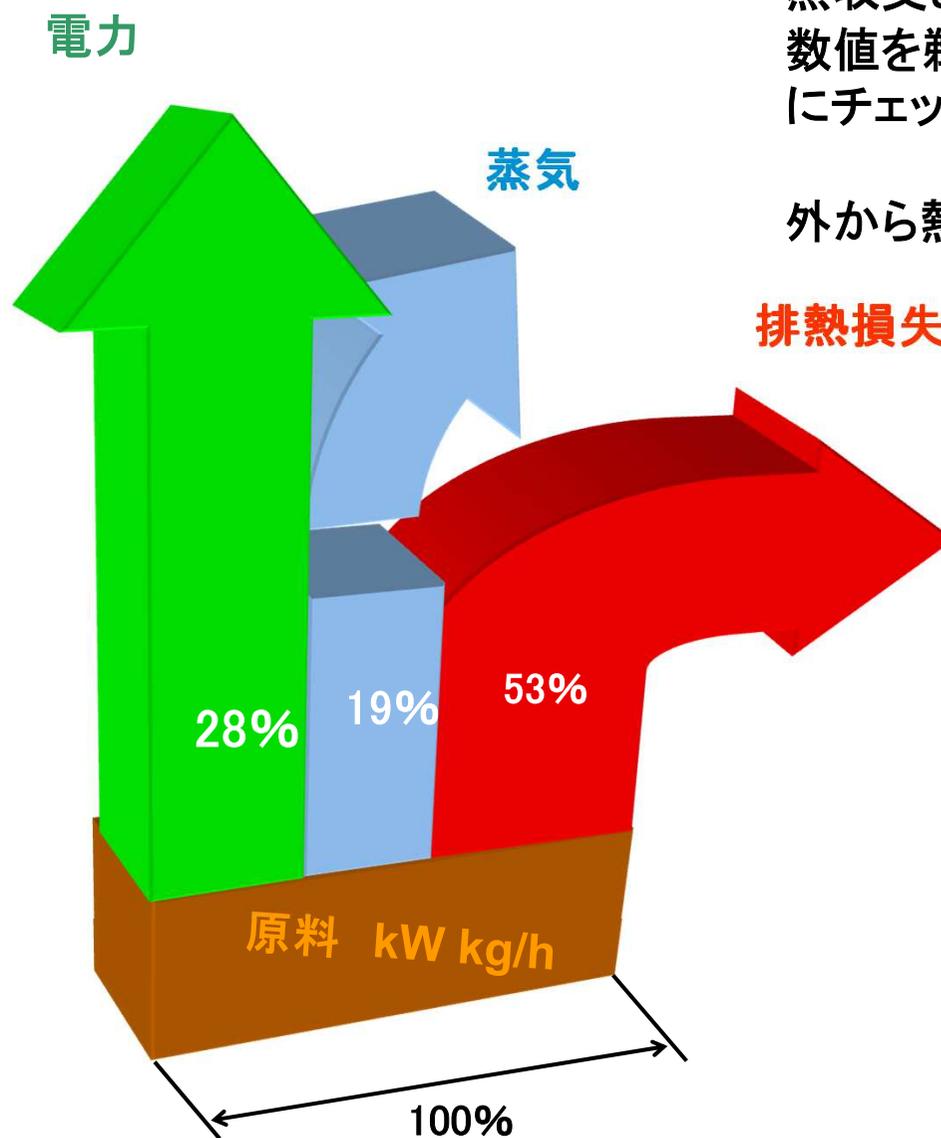
- 燃料バイオマスの制約を把握しマッチングを検討する(種類、形状、水分率) 万能のガス化炉はない
- タールの問題はなくて当たり前



- 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
- 混焼エンジンを使用している設備は、設備見学の際、本当にガスを供給しているか確認
- 副産物でさらに儲かるなどという甘い話を信じないこと  
(副産物製造設備を導入するのではなく発電設備を導入するのだから欲をかいてはいけない ゼロ円で処理できれば上々)

# 熱収支図の例



熱収支と物質収支はメーカーから出た  
数値を鵜呑みにせず自分で、もしくは専門家  
にチェックを仰ぐこと

外から熱を足している場合はそれも考慮

特許の記載のある技術は、特開公報を特許庁で  
確認！ 出願だけで審査請求がされていないケ  
ースもある 請求棄却されているケースもある  
特許出願中は特許とは認められていない  
(出願はどんな内容でも誰でも15000円で可能)

FIT認定と技術は無関係 FIT売電が許可された  
だけで、技術が認定されたわけではない

人柱にならないために日本1号機ではなく  
できれば2号機、3号機がベター

1番でなくては駄目という人以外は・・・

### 3-3. 小型ガス化の本命技術・ダウンドラフト式ガス化導入の留意点

## 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(細かいもの不可、繊維状不可、灰分の多いもの不可など)

ダウンドラフトはチップが命

欧州のチップは松が主体（生チップ水分率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（生チップ水分率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  
(ケチっても動かなければ元も子もない！)
2. 計画時にメーカー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/kW以下が理想  
(総事業で考えること 乾燥別、連系別、サイロ別など注意)
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

ご清聴ありがとうございました