

高性能中大型バイオマス・ガス化発電装置

(High-Performance Medium-to-Large Capacity Biomass/Waste Gasifier & Power Generator)

Semi-Fluidized Circulating Bed Up-Draft Gasifier Technology

(半流動循環床機能付アップドラフト型ガス化装置技術)



バイオマス/固体ゴミ (MSW/RPF)、廃棄物 (廃紙・プラ・タイヤ・石炭、鶏糞)
等の諸原料さえあれば、
何方でも、何処でも高効率のガス化発電/廃熱利用ビジネス開始が出来ます！

はじめに

ご提供するガス化分解装置システムは、

(半流動循環床機能付) アップ・ドラフト型ガス化装置 (Semi-Fluidized Circulating) Bed Up-Draft Gasifier

と呼んでいる**高性能ガス化分解装置**です。別途推奨の**ガスエンジン発電機**と組み合わせれば、高効率**バイオマスガス化発電システム**が簡単に構築でき、売電ビジネスが実現可能となります。

弊社の仕様、改善・改良に基づき、海外 OEM 先企業で製作し、弊社立ち合い検証済の製品を納入させて頂きます。最大の特徴は高性能、多種原料対応、及び優れたコストパフォーマンスです。

ガス化分解炉内では、各種バイオマス、炭化水素廃棄物等の原料を酸素（空気）の供給を制限した状態、水蒸気を使い高温下（1100℃）、効率的な**熱化学分解反応**（Thermo-chemical Cracking Reaction）を行い、先ず高エネルギー粗製合成ガスを製造します。更に後段の**合成ガス精製装置**で精製処理後、高エネルギー、高品質のクリーンな合成ガス燃料を製造します。低価格、高効率の**ガスエンジン発電機**と最適に組み合わせ連携を行い低価格で、高効率の**バイオマスガス化発電システム**をご提供させて頂きます。

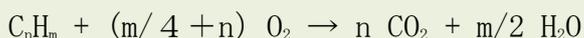
本ガス化装置ほど、装置能力の**スケラビリティ**を持ち、**低価格・高パフォーマンスのバイオマスガス化発電システム**は、国内市場に於いて未だ販売されてないと思われま

ガス化理論の概要

最初に**ガス化法、燃料の基礎**です。化学に馴染みが無い方は、最初は読み飛ばして頂いても構いません。

原料の**ガス化分解法**は、**ボイラー等**で従来より**実施されている燃焼法**とは全く異なります。

燃焼法では、PE/PP の様なプラスチック高分子炭化水素類（炭素 C と水素 H 分だけの高分子）は、理想的に充分空気（酸素）を供給し完全燃焼させれば、酸化反応が起きて全て炭酸ガス（CO₂）と蒸気=水（H₂O）を含んだガスに化学的に分解・変換されます。化学式は下記となります。特に燃焼時に有毒な**ダイオキシン**、**窒素酸化物（NO_x）**等が発生します。生成物の炭酸ガス（CO₂）や水蒸気（H₂O）は燃えませんので燃料ガスでは当然ありません。



一方、空気を完全に遮断、或いはそれに近い状態下、水蒸気 (H₂O) を使う**熱分解反応**では、燃焼とは異なり固体原料は、一酸化炭素 (CO) と水素 (H₂) を含んだ燃料ガスに変換され、合成ガス燃料として再利用できます。具体的には、精製処理後、ガスエンジン燃料として使用し発電機を駆動すれば、発電が効率的に出来ます。



上記の式から解るように、**水蒸気を使うガス化熱分解法**では、酸素分を水蒸気 (H₂O) 中の酸素分として加え、結果的には、燃焼に比べ酸素量を絞り込んだ状態 (m/4+n/2 モル分だけ酸素供給減) で、敢えて不完全燃焼(部分酸化) ガス化させていることとなります。従って、更に酸化できる余地を残し、即ち燃えるガス燃料です。

水蒸気を使わない熱分解反応では、下記のように、発生するガスは水素だけで、残差として炭素 (C) が固定物として残ります。



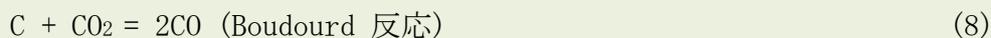
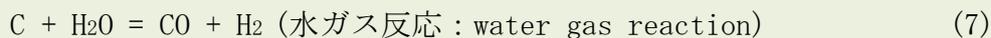
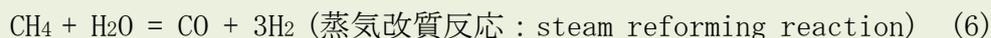
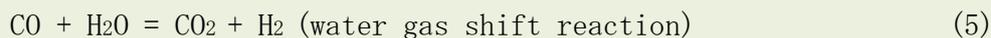
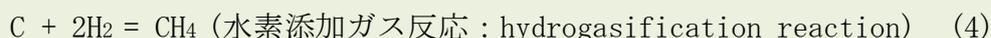
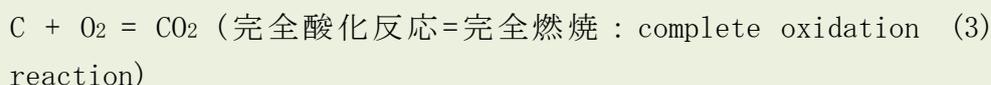
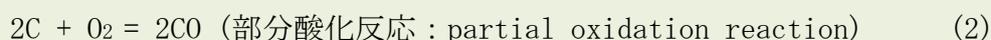
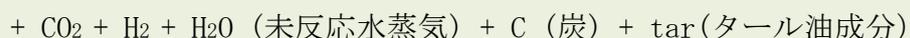
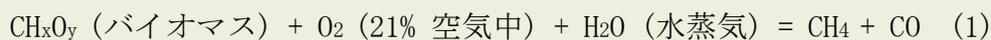
この場合は、水蒸気を使う場合に比べて、一酸化炭素ガス (CO) は発生しませんし、水素ガス発生量も、n モル分少なくなり、そして燃料ガス生成量の合計は減少します。このことから**水蒸気を使うガス化法の有利性**が解ると思います。

一方、固体バイオマス・廃棄物原料は、炭素、水素分に加え酸素分を多く含む原料となっています (炭素・水素・酸素化合物)。
水蒸気の存在下の熱分解反応を行うと、実際はいろいろな成分を含んだ合成ガス燃料に変換されます。代表的な化学物質に対し、下記の様な化学式が成立しますが、通常は (1) 式だけの理解で充分です。

バイオマスは複雑な化学式で表現されますが、下記の式では、炭素分を 1 とし、他を水素、酸素割合をそれぞれ x, y で表現してあります。主要なバイオマス原料にセルロースがあります。

セルロースは多糖類であり、繊維質です。その化学式は (C₆H₁₀O₅)_n です。この表現法なら CH_{1.67}O_{0.833} となります。

(1) 式の酸素分は空気を用いて、通常供給されます。空気は窒素分(78%)、アルゴン等(1%)を含みますが、反応には関与しないので、(1)式上では省略してあります。空気を使うと不燃の窒素分(N₂)が合成ガス中に最終的に残り、この分ガスエネルギー値が低下します。従って、空気に代わり、純酸素、或いは濃縮酸素を使う方が好ましいのですが、酸素の濃縮・分離費(P S A法等)の壁があります。より大型の設備(10MW以上)でないと経済的に成立しない場合が多いと思います。



このガス燃料は、上記の様に一酸化炭素(CO)と水素(H₂)を主成分とする混合ガスで、一般に**合成ガス**(Syn-Gas、或いはProducer Gas)と呼ばれています。更に、少量のメタン(CH₄)、炭酸ガス(CO₂)のガスを含んでいます。酸素供給法として空気を使えば(純酸素を使うガス化法も有り)、不燃の窒素(N₂)ガス分も多く合成ガス中に含まれます。

水、タール分は常温では液体、炭は固体、他は全てガス成分です。この混合成分の合成ガスを製造し・精製する装置が**ガス化熱分解炉**と呼ばれている装置です。水蒸気を加えることで、高濃度の水素、一酸化炭素、メタン等を含んだ高エネルギー合成ガスが製造出来る**優れたバイオマス・ガス化分解手法**です。ガス化法の多くは、コスト面、技術面等から、酸素(空気)に加え水蒸気を混ぜてガス化を行う例は、未だそう多くの例を見ません。

ご提供のガス化分解装置は、蒸気を使い、空気(酸素)は最小限に絞り込んで合成ガスを製造できます。

ガス化の歴史、背景、及び経緯

ガス化方式・製造技術の歴史は古く、150年以上前より存在したとも云われています。石炭のガス化分解によるガスの灯り(ガス灯)への利用等でした。動力用燃料としての利用も、100年以上前から車輛用であります。特に、第2次世界大戦中は、石油類の不足を補う燃料として、木質バイオマスや石炭のガス化が広く利用されました。特にドイツや日本で、バス・車輛用燃料・動力として多用されました(木炭車)。戦後は、石油が効率的、かつ安価な液体燃料として主に使われ、特別な例外的な地域を除いて、最近まですっかりバイオマスのガス化は忘れられた存在でした。

この例外的な特別地域とは、石油の恩恵を受けられなかった一時期の南アフリカ(黒人差別政策による南ア石油輸出禁止)、或いは石油を購入する資金が充分でなかった開発途上国(インド、中国等)です。彼らは、現状でも引き続き継続的に多用しています。その技術実績、導入実績も、既に多々存在します。

ところが地球温暖化防止(京都議定書)、石油価格の高騰等による代替燃料、及び都市ゴミ・各産業・農業廃棄物問題等から、再び、この10年前後前から、自然再生可能エネルギーとしての**バイオマスガス化技術**が、特にEU諸国、北米(米国、カナダ)で注目されだしました。

EU諸国、特にドイツでは脱原子力、脱石油と言う観点からも、(木質系)バイオマス原料のガス燃料化、発電事業が実践・導入されて来ています。北欧、米国・カナダ等は、木質系資源が豊富でもあり、ガス化技術の開発、設備導入の普及は顕著です。

一方、英国、米国、及びインド等では最大の問題は、都市ゴミ・廃棄物問題です。大量の都市ゴミは、従来殆ど埋め立て(85-90%)、放置されました。この結果、自然分解で発生する**メタンガス問題**(CO₂の21倍もの温暖化)や**ゴミ埋め立て場所の最近の確保難、公害(臭気、火災)**の諸問題です。従って、これら地域ではガス化原料として、**都市ゴミ(MSW/RDF)処理**が最も注目の豊富なガス化原料となっています。木質系バイオマスの様に有価で購入する必要がないばかりか、逆に処理費用(Tipping Fee)を受け取れますので、ビジネス化に際して採算上有利です。

我が国では、都市ゴミは殆ど**ボイラー燃焼処理**等が行われ、蒸気・タービン発電も行われて来ています。従来の**燃焼方式**と新たな**ガス化方式**との大きな差は、**発電効率の差**、有毒物質(ダイオキシン等)の発生有無、装置の高圧/常圧運転、設備費の差等です。これらがガス化装置導入の最大の特徴です。

ガス化方式は一旦原料を投入すれば、有害な排気ガス、臭気等は一切でない密閉システムであり、騒音・振動もありません。外部に出るのは、クリーンな合成ガス燃料と残差の灰分だけです。バイオマス原料等が持つ炭素・水素・酸素分は全てガス燃料（合成ガス）に変換されます。合成ガスの主成分は、前述の化学式が示す様に一酸化炭素（CO）、水素（H₂）が主成分として生成します。他は少量のメタン、CO₂ 等です。この合成ガスを精製処理（タール分除去等）すれば、クリーンな合成ガス燃料として使えます。

燃焼方式では、前述の化学式の様に、排気ガスは主に炭酸ガス（CO₂）、水（H₂O）生成がします。排気ガスの清浄装置も必要です。

合成ガス燃料は、発電目的の場合、発電効率の高さから、通常ガスエンジン燃料として供給し、エンジンの回転動力を使い発電機を廻して電力を得る方法が典型的です。他に、ボイラー燃料として使い、蒸気力でタービン・発電機を廻して電力を得る方法もありますが、最終発電効率は、ガスエンジン発電に比べ低くなります。より高度な利用法として高濃度水素を製造し、高純度水素を分離する、又はメタンガスを効率的に製造し、これらのガス成分を使う燃料電池方式もあります。現状の設備費は、ガス化発電の数倍から10倍以上もします。更に合成ガスの留分（CO, H₂）を反応させ（FT法）、最終的に石油代替製品（バイオ・ガソリン、バイオ・灯油、バイオ・ジェット燃料、バイオ・軽油）、或いは基礎バイオ化学原料（メタノール、バイオプラ類等）製造も既に実践され始めています。

前述の様に燃焼方式の最大の長所は、実績の多さです。現在計画中、或いは建設中のバイオマス発電設備でも、多くは燃焼法であり、バイオマス燃焼・蒸気タービン発電方式です。特に、横並び、新規リスクを嫌う傾向からか、燃焼法の導入は引き続き顕著です。バイオマスや都市ゴミのガス化熱分解法分野では我が国は最後進国の一つです。今後、急速な普及が望まれています。但し、プラズマを使う超高温ガス化炉の導入では先進地域の一つです。理論的には理想的な処理法の一つですが（灰分のスラグ化）、最大の欠点は熱効率の低さ、（超）高価格な設備費、維持費の高さ等の諸問題です。導入例の殆どは、兎に角ゴミ処理最優先、採算を度外視した場合等が、主だと思われれます。

ガス化発電装置の全体構成とその主な設備の一般概説

ガス化発電装置システム全体は、**ガス化反応器** (Gas Reactor) だけではありません。前工程、後工程に、用途に応じ、また顧客のご要望により必要な設備機器類が付加されます。設備の概説を順にします。

1. **前処理設備**：ガス化反応器の原料仕様に合致する状態の原料が直接供給される場合は、前処理設備は勿論不要です。

それ以外の場合、先ずガス化反応器への原料供給、原料調整工程等が必要です。原料サイズが許容範囲より大きい場合は**裁断作業**（下記下、2番目の写真、チップ化機の例）が必要です。余りにも細かい原料（ノコギリ屑、チップ化細粉等）は、逆により大きな塊に**原料サイズ調整**（下記の上部写真参照：ペレット化, ブリケット化）をします。





ガス化反応プロセス方式等により、原料の許容サイズは異なります。装置の仕様で、最大値と最小値の許容値が決まっています。規格外の原料は、規格値内に納まる様に、上記の前処理設備工程が必要となります。ガス化原料の許容水分（%）も、上下限値の範囲内である必要があります。各ガス化方式、プロセス等により、これも技術仕様で支持されています。バイオマス原料は水分過多の場合が多く、この場合、別途**乾燥設備**を設けます。自然乾燥法で乾燥できる場合もあります。

都市ゴミや産業廃棄物（廃タイヤ）等の原料化では、混入**無機物の除去・選別装置**が必要になる場合もあります。各種金属、ガラス・セラミック類等が代表的な除去無機物の例です。

他に、**水銀やカドミニウム、放射能物質**等も同様に、プロセスにより、投入禁止、或いは許容値がありますので、その範囲内の原料を使うか、前処理で除去します。炭化水素プラスチック類ですが、**塩素**を含んだ塩ビ類、或いはPET類は処理不可のガス化装置も多くあります。何れにしても、ガス化反応器に投入可能な原料の種類や技術仕様を守ることが重要です。

一部のプロセス方式、装置製品では、原則**裁断も、乾燥も、無機物の選別除去等も全て不要**、そのまま投入可能と言うガス化製品もあります。この場合、

多くは製品は合成ガス、残差の無機物は灰や炭ではなく、**高温で溶融化・再固化し建設骨材（スラグ）**として回収されます。

一般に投入可能な原料であっても、原料の種類やその組成割合の急激な変化は、製品の合成ガス組成、ガス流量の急激な変化をもたらし、最終的には発電量の急激な変化が起きて来ますので、避けた方が好ましいです。

2. 貯槽付帯設備：次に、これらの調整済のガス化固体原料の貯槽、付帯設備です。外部から調整済の原料を受け入れる場合、その供給頻度と処理量とを勘案した貯槽ホッパー、コンベア、収納倉庫等が必要になります。最低、一週間程度の貯槽ホッパーが必要だと思われます。前述のチップ化、ペレット化/ブリケット化、及び乾燥工程も含め同じ場所で一体設備で運営される場合、貯槽は単なる設備間のバッファーですので、小容量でも良いかもしれません。逆に、パーム殻（PKS）、木材チップ、ペレット原料等を海外から輸入し使用する場合、輸入間隔を考慮し、最低でも1ヶ月分程度の貯槽が必要と思われます。

3. ガス化反応炉・ガス精製・付帯設備：ガス化反応器への原料供給設備は、通常ガス化反応器と一体化設備として供給されます。原料の種類やサイズにより供給方式や供給量制御を含めて、反応装置と密接な関係があり、切り離しづらいからです。

同様に、ガス化反応器と一体化されている設備に、粗製ガスの**精製設備**があります。本設備なしでは、生成合成ガスは、不純物の規格からガスエンジンには使えません。使用ガス化原料の種類やガス化方式、装置メーカー等により、ガス精製方式、具体的な設備構成は異なります。何れにしても合成ガス用途規格に合う合成ガス純度までの精製処理を行い、供給する必要があります。通常は、ガス化炉出口の粗合成ガスは、固体、気体の不純物を含んでいます。代表的な方式は、次の4工程処理が必要です。まず、

1) **固体ダスト類除去**：固体・粉体状の炭・灰分、ゴミ類を、遠心力差を利用したサイクロンで通常処理します。方式によって、また混入固体割合の多い場合、2段階のサイクロン処理を行います。更に、2次処理としてフィルター類でより細かい微細粉体を除去する乾式法、或いは水や油類、溶剤で、ガス状の不純物も含め同時に除去処理する湿式法とがあります。最終的に**電気集塵装置（ESP）**で、ほぼ完全に固形物・不純物を除去するプロセスもあります。

2) **廃熱回収・ガス冷却**：ガス化炉の出口温度は、方式により大きく変わります。最低200℃-最高1200℃程度の範囲内です。多くは750-900℃程度の範囲です。この様な高温ガスは、単純な冷却操作では、廃熱ロスからエネルギー効率

が低下しますので、通常は熱回収し、最終的に水や空気等で冷却し、基準温度の常温までガスを冷却します。高温の熱回収法では水蒸気を発生させたりします。ガス化炉で使うプロセス用途用の他、別と蒸気タービン発電をする等、各プロセスでいろいろ熱回収法の工夫しています。この熱回収工程は、合成ガス温度レベルの高い箇所での熱交換が当然有利です。熱交換で高分子タール分の固化温度の考慮が必要不可欠です（配管、フィルターの詰り）。通常、サイクロンの前後の工程、2次固体分離工程前の高温ガス状の箇所に設置されています。

3) 不純物除去：原料の種類により、合成ガスに含まれる不純物除去工程が必要になります。最大の不純物は、ガス化しない液状**タール留分除去処理**です。副生量は、ガス化原料、方式、及び操作温度等により、変動しますが、通常ゼロではあり得ません。油や溶媒での溶解抽出、水冷却分離法などで、基準値以内に低下させる必要があります。ガスエンジン用途のタール留分は、最大50－60mg/Nm³程度以下が基準値です。尚、タール分の副生量が、ガス化炉出口で基準値以下と公言するプロセス方式もあります。多くは、高温ガス化法、或いは2段階ガス化法です。触媒を使い低分子変換ガス化法、更に高温で再熱分解（例、ガスプラズマ分解法、純酸素を使う高温熱分解法）等です。タール分除去が不要なら、それ自体は大きな利点ですが、触媒費・装置費、或いは高温処理による熱効率の低下、装置建設費、保守費増と利点とのトレードオフです。その他にも不純物は存在する場合があります。例えば、**硫黄化合物**です。石灰化合物等を使う方法、或いは1)の2次工程の湿式工程で、併せて除去する方法等いろいろです。

4) 乾燥・除湿処理：ガス化装置は、水を一切使用しない乾式精製処理であっても、合成ガス化反応器内で水分が副生しますので、殆どの設備では、乾燥除湿工程があり、ガスエンジンの水分仕様範囲まで、残留水分除去を行い、低下させます。

以上の諸工程を経て、或いは組み合わせで、次の合成ガス燃料の用途（ガスエンジン燃料等）規格に合う精製済**クリーン合成ガス燃料**が製造出来ます。大型ガス化システムでは、オンラインガス分析計が、多くの場合設置されていて、常時ガス組成を監視できる様な設備設計となっています。

5) ガスエンジン・発電設備：ガスエンジンは、軽油や重油燃料仕様のディーゼルエンジンの様に、混合ガス燃料を昇圧・昇温しても、自然発火しません。ガソリンエンジンの様に、電気火花により着火する方式です。従って、電気プラグ付エンジンを使用します。

この他に、バイオディーゼル、植物油、軽油と**混焼 (Dual Fuel) エンジン**を使う場合もあります。この場合、油分で自己着火しますので、プラグは不要で、基本はディーゼルエンジン仕様です。合成ガス燃料は吸気口に空気と混合し供給されます。従って、燃焼室では、最初に油分が自己着火し、次に直ちにガスが燃焼すると言うタイミング順です。エンジンメーカー、タイプにより混焼燃料の混合比の許容範囲は仕様で決められています。

一般に油燃料を一部使い発電する方が、発電量が安定すると云われています。100%合成ガス燃料だけでは、供給ガス量やそのエネルギー値が変動して、最終的に発電量が変動するからです。電力用途や変動幅の許容規格により、ガスホルダーの設置やガス化原料の均一化等の工夫が必要かもしれません。仮に、植物油、BDF等が比較的簡単に入手可能な状況なら、発電量・質の安定化の観点から混焼エンジン方式もお勧めです。

6) 発電設備：次は**発電機**です。ガスエンジンの機械的回転動力源を使い発電機 (Generator) を回転して電力を得ます。発電機メーカーは、通常エンジンメーカーとは異なり、多くは重電機メーカー (国内なら三菱電気、海外なら独シーメンス等) から供給されます。中国製なら、国産に比べ数分の1と言う超安価な価格帯です。バイオマス・ガスエンジンは、通常ディーゼル油エンジンに比べ選択の範囲は限られています。ガスエンジンの多くは、高エネルギーの天然ガス仕様のガスエンジンであり、多くの低エネルギー・バイオマス合成ガスでは使用できません。

7) 系統接続設備：売電を行う場合は、本設備が必要です。接続電力会社、接続高圧線の規格にあう様な設備とします。前述の発電機は、ソーラー発電方式と異なり、直接交流発電をしますので、直交流変換も不要であり効率的です。交流のままですべて系統接続できます。発電機発注時に、電圧とその地域の周波数を指定します。中型以下なら400Vが、大型なら6,600V、或いは11KV等です。発電機の電圧が系統電圧に合わなければ、トランスで電圧調整が必要になります。

FPT バイオマス・ガス化装置

ご提供する **FPT ガス化分解装置** (弊社 OEM 製品、FPT: Fuel Power Technologies, インド製作) は、**半流動循環床機能付アップ・ドラフト型ガス化装置 (Semi-Fluidized Circulating Bed Up-Draft Gasifier)** と呼ぶ**高性能ガス化分解装置**であり、以下、簡単に説明します。

プロセスフロー説明の前に、処理できる原料を説明します。

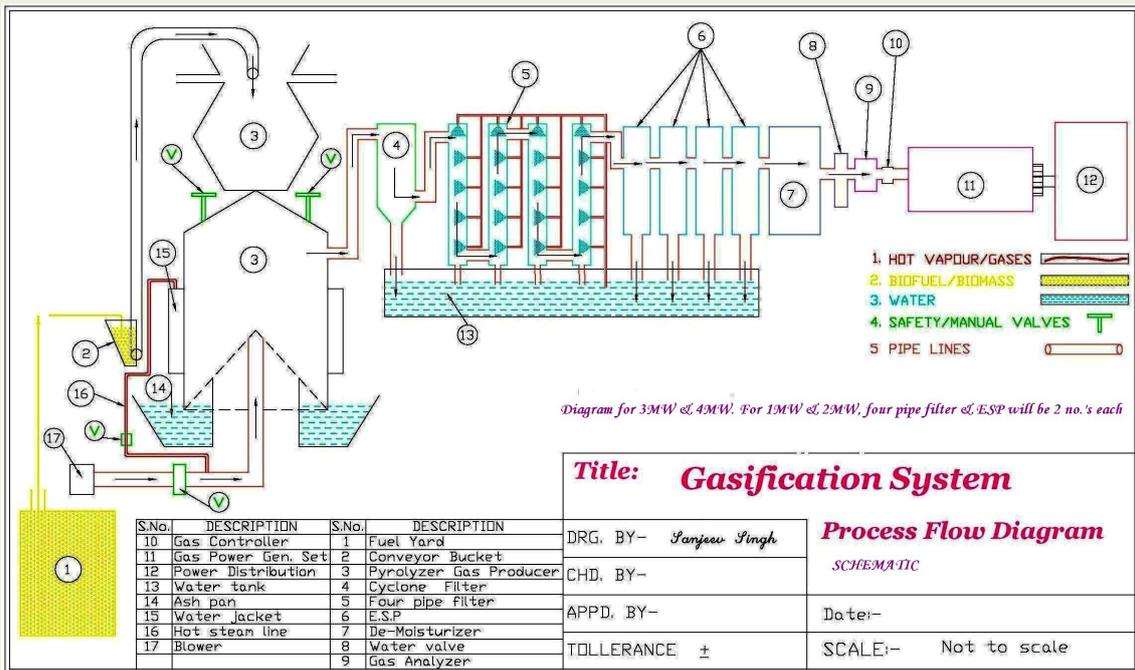
本ガス化装置の特徴は、**多品種ガス化原料対応** (Multi-Fuel Feedstocks Technology)です。凡そ燃える原料であれば、通常どの様なバイオマス原料 (木材チップ、木質ペレット、..) 、エネルギー用バイオマス作物 (ジャイアントススキ、柳、ポプラ、..) 、農業廃棄物 (コーン殻、ヤシ殻・PKS, モミ殻、バガス、..) 、家畜廃棄物 (牛糞、敷き藁、鶏糞、..) 、一般廃棄物、産業廃棄物 (MSW/RDF/RPF, 廃紙、廃プラ、ゴム、タイヤ、石炭、..) 等が使用できます。下記の写真は、使用可能原料の一例です。

具体的に、検討されている原料があれば、お問い合わせ下さい。有料ですが、試験分解テストも可能です。



次に示すのは、前述のガス化システムの1. 前処理処理、2. 貯槽付帯設備を除いた、3. ガス化反応炉・精製・付帯設備部分以降の機能のフロー概略図です。

ご要望があれば、前処理、貯槽等の関連付帯設備を含めた全ターンキーシステムの導入もご相談させていただきます。弊社 OEM 先の高効率、低価格製品を中心としたシステムをご提案させていただきます。



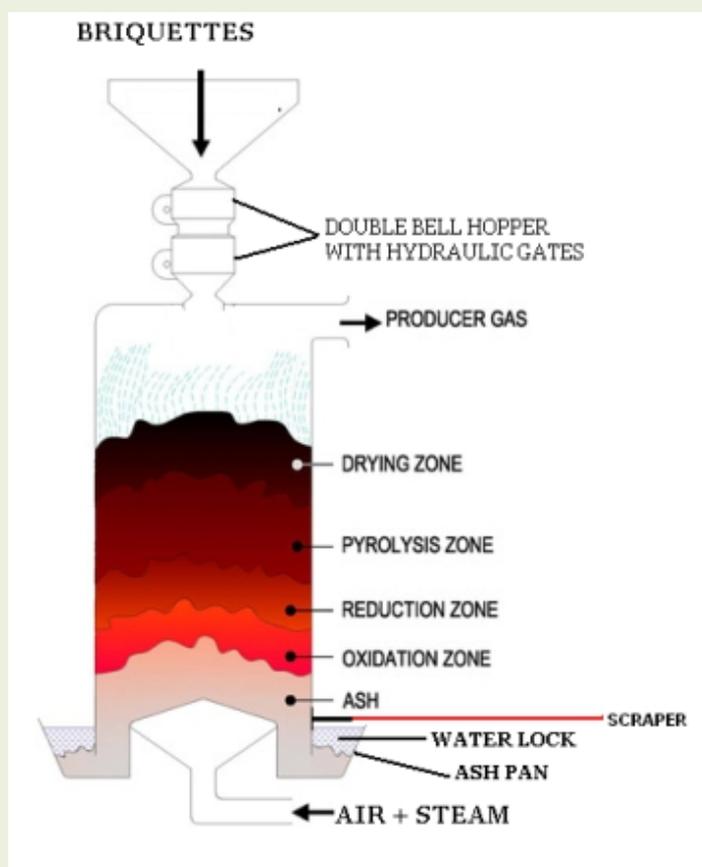
本ガス化装置の上記プロセスフローの略図で流れと処理の概略を説明します。

①は貯槽 (Fuel Yard)です。一般にホッパー内に、或いは倉庫に平積等で、原料は確保されているという前提です。設備は、規模や原料の種類、供給方法次第で変わります。何れにしても、貯槽から原料は、次の②コンベヤー (Conveyor Bucket)に投入されます。この間、原料移動は規模によって自動コンベアであったり、マニュアル、フォークリフト等が使われます。

本体の一部として供給されるのはコンベヤーバケット以降です。標準的にはコンベヤー投入方式を採用していますが、規模により他の方式も可能です。約 200Kg (以下、3200KWの場合)の原料を一度に熱分解炉 (Pyrolyzer)へ投入できます。コンベヤーバケットは、8mmの鉄製で、10mmワイヤーで軌道上をモーター・ウインチで引き上げられ (約8m)、反応器塔の最上部のホッパー (Hopper) -NO.1に投入されます。上下2系列のホッパーがありま

す。ホッパー底部には油圧式の開閉ゲートがあり、通常は反応炉ガス内に外部空気が混入しない様に閉じています。ホッパー (NO.1)が原料で満杯になれば、底部のゲートが開き、ゲートが閉じた状態のホッパー No.2 に原料が投入されます。 NO.1 ホッパーの原料投入が終了すれば、ゲートを閉じます。次に、ホッパー NO.2 のゲートが開き原料は、③**反応器** (Reactor/Gasification Chamber : Pyrolyzer Gas Producer)へと投入されます。

反応器は、アルカリや高温による腐食を防ぐため、10mm厚のステンレス製です。また、内部は約10cmの耐火セメントで熱保護されています。



上記の図は、③反応器の内部構造の略図です。

ここまでの反応器への原料投入までの説明の様に、原料 (Briquettes/Chip)は、ホッパー (No1&No2)を介して反応器へ順次最上段から下段に向けて投入されます。より細かい原料をブリケット化しないで、効率的にガス化炉へ投入する方法として、別途反応炉上部の横サイド側からスクリー圧縮機による原料投入法も使えます。

本ガス化装置の基本はアップドラフト (Up-Draft) タイプのガス化炉ですので、固体原料は、反応器の上部・上段側から投入され、順に原料は固体層として降下し、順次昇温します。

図の様に各ゾーンに温度別に分かれて来ます。即ち、上の層から乾燥層 (Drying Zone)での脱水 (De-Hydration)、分解層(Pyrolysis Zone)での熱分解ガス (CO, H₂) + 炭(Char)の生成, 脱離層(Reduction Zone)でのガス化反応 (C+CO₂ ⇒ 2CO, C+H₂O⇒H₂+CO)、酸化層(Oxidation Zone=燃焼層)での反応(酸化反応 C+O₂⇒CO₂)と順次進んで行き、最終的に、炭素分が気化し、無機物の灰 (Ash)となります。

一方、ガス層は、本ガス化装置では、少量の空気(酸素)と自己発生の蒸気を反応塔底部からブローアで圧力投入し、順次前述の各層を通過しつつ、同時に諸熱ガス化反応、熱交換を行いつつ上昇して行き、最終的には反応器上部から粗製合成ガス (Syn-Gas/Producer Gas)として反応器外へ出ます。

固体原料とガス流は、互いに向流 (Counter Flow)となっています。アップフロー方式ガス化炉の最大の特徴は、熱効率の高さです。ガス化炉出口温度は250-300℃程度の低さです。固体・ガス間の熱交換作用で、ガスは、酸化層の高温1100-1200℃から乾燥層上部で250℃程度まで冷却されます。逆に固体は常温の原料から、順次加熱され酸化層では1100-1200℃の温度まで上昇します。最終的な固体層は灰ですので、後述のアッシュパン (Ash Pan)の穴を通り、シール水で最終的に冷却されます。

本ガス化反応器は、少量の空気の他に、主に水蒸気を使っている為、通常の場合合成ガスに比べて高エネルギーガス (Gasification Reaction: 炭(C) + 蒸気(H₂O) ⇒ CO+H₂)が得られる特徴を持っています。通常ガス化装置で、蒸気を使う場合の多くは、別途外部ボイラー、或いはガス精製工程で蒸気を発生しますが、本反応器は二重ジャケット構造になっていて、反応熱、反応器壁を高温(1100℃)に直接曝されるのを防ぐために冷却水が封入されていて、反応器内の熱で水蒸気が自己発生する仕組みとなっています。この水蒸気を反应用到に直接使用する優れた方式です。

この図では、省いてあるのですが、最初の全体フロー図の⑮水ジャケット缶 (Water Jacket)で⑯水蒸気を効率的に発生させ、空気と共に反応器底部から反応器内に投入しています。空気は⑰ブローア(10KW)で圧送風され、空気と水蒸気と混合した後に、反応器底部からコーン型のアッシュパン (Ash Pan)の穴を経て、反応器内の酸化層へ投入されます。効率的にガス発生を促す為、アッシュパンは低速で回転しています。回転と投入空気圧・蒸気圧で、反応器内部の

流動(混合)効果 (Circulating Effect)を実現することで、**効率的な熱ガス化反応**を起こし、最終的に高エネルギー (2000-2500Kcal/Nm³)の**粗製合成ガス**を製造します。同時に、アッシュパンの回転により反応器底部での灰の詰り (Bridging)トラブルの防止にも役立っています。

尚、反応器底部の⑭**アッシュ(灰)パン**の底は、水でシールされる構造になっていて、副生した灰は、スクレーパー等で系外に自動的に適宜取りだされます。

次に、③反応器を出た粗製合成ガスは、**アップドラフト型ガス化方式**をベースとしたガス化方式の為、一般的に**タール分**は、他の方式に比較し多く含んでいます。従って、粗製合成ガスのタール分除去・精製機能の優れた合成ガス精製方式を採用しないと、とてもガスエンジン用燃料ガスの低タール、高品質ガス要件の確保はできません。従って、以下の諸工程は極めて重要です。

先ず比較的大きな固系物 (Dust)を除去する為、次の④**2連サイクロン** (Cyclone Filter)に入ります。外観は正に通常のサイクロンですが、通常型サイクロンとは異なり機能的には、④**ベンチュリー・スクラバー** (Venturi Scrubber)と言う塔機能です。サイクロン内の粗製ガスは、ベンチュリー管内部の管絞り部を高速で通過しますので、**負圧**になります。その結果冷却水が吸い込まれ、同時に強力・効率的な混合作用が起こる様に設計されています。結果として、冷却と混合作用が同時に起きます。続いてサイクロンの機能の遠心力で、大きな固系ダストは、効率的にサイクロン内壁を伝わり、下の水タンクへと落下します。

大きなダスト類は除去された合成ガスは、次の⑤**直列4段(多段)パイプフィルター**工程 (Four Pipe Filter)に進みます。主な目的は、冷却水による**ガス冷却とガス洗浄**です。この塔は5mの高さで、各段当たり100ヶ所の水シャワー・ミストが噴き出る中を合成ガスは順次通過します。この間、合成ガス温度は、ほぼ常温まで低下します。併せて、合成ガスの不純物もほぼ完全に除去されます。サイクロンで除去出来なかった大きな固体ダストも、この工程まで完全に除去された状態になります。

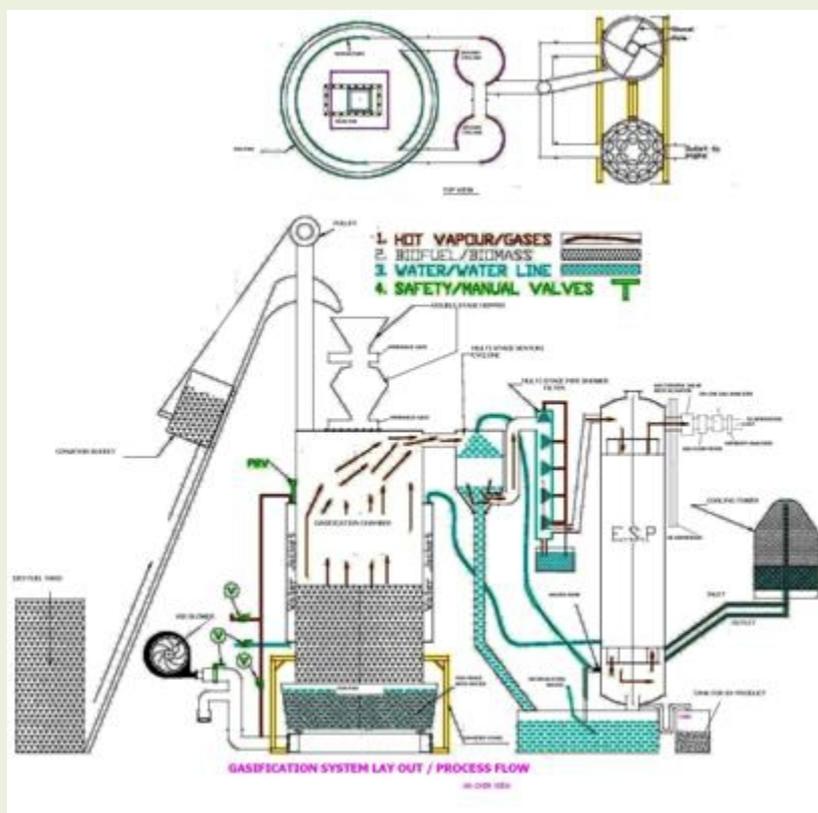
次に⑥**電気集塵装置** (ESP:Electro-Static Precipitator)に入ります。このESPは、鉄製ですが、4本の直列構成です。1MW以下の場合、2本構成となります。直流高圧5万ボルト、電流は5ミリアンペアーと少量です。合成ガスはESPを通過することにより、微小の固形物、タールを含む不純物類は、ほぼ完全に除去され、超クリーンな高エネルギー合成ガス(2000Kcal/Nm³以上)が得られます。

次は、ガス化装置の最後の工程である⑦**除湿工程** (De-Moisturizer)に移ります。除湿された水分は⑧**除湿水溜め** (Water Valve)に集められ、適宜取り出されます。

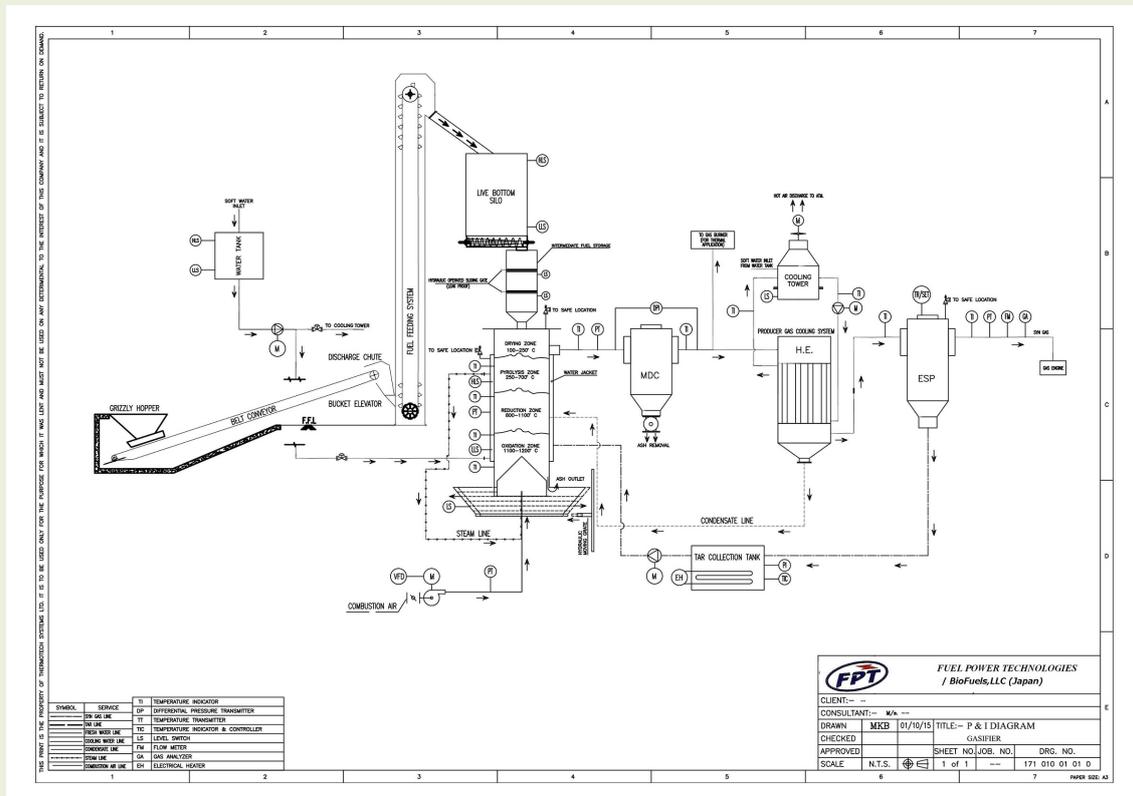
精製済の合成ガスは、出口にあるオンライン⑨**ガス分析計** (Gas Analyzer)で常時ガス性状を監視しています。監視、分析項目は、ガス流量 (Gas Flow Meter)、ガス組成 (Gas Analyzer)、水分濃度 (Humidity Analyzer)等です。特に、ガス分析計は、第3世代の最新赤外線吸収 NDIR 技術方式 (Non Dispersive Infra-Red) を使い、5成分 (CO, CH₄, H₂, CO₂, N₂)のガス組成を連続的に常時分析しています。次に⑩**制御バルブ**で、⑪**ガスエンジン発電機**への燃料供給量を制御しています。次は⑫**分電盤** (Power Distribution Panel)です。更には系統接続機器等へと続きます。

冷却水によるガス精製処理水、及びタール類は、全て⑬**共通水タンク** (Water Tank)に集められ、循環使用されます。

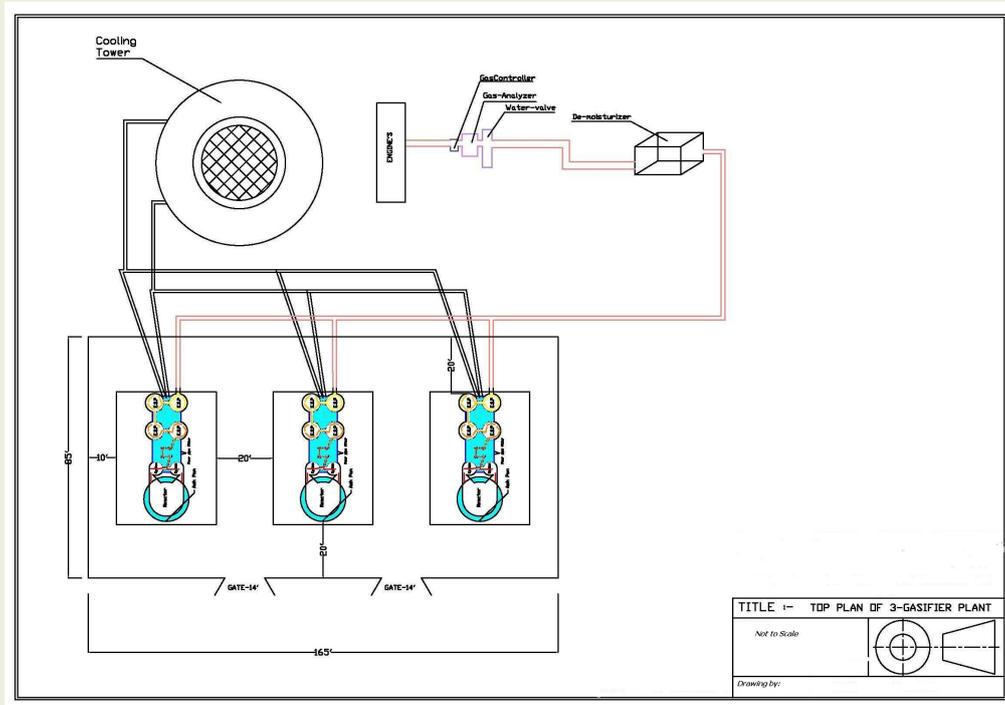
冷却水は、冷却塔で基準の温度まで低下され、再使用されます。冷却タンクの上部に溜まったタール油分は回収され、ボイラー燃料等として外販するか、反応器にリサイクルし、原料の一部として再熱分解されます。



尚、最新の FPT プロセスの標準 P&I 図は下記です(仕様により変更も)。



下記は、9.6 MW (3200KW×3セット構成) のバイオマスガス化装置の概略プロット図の例です。



ガス化装置の技術規格

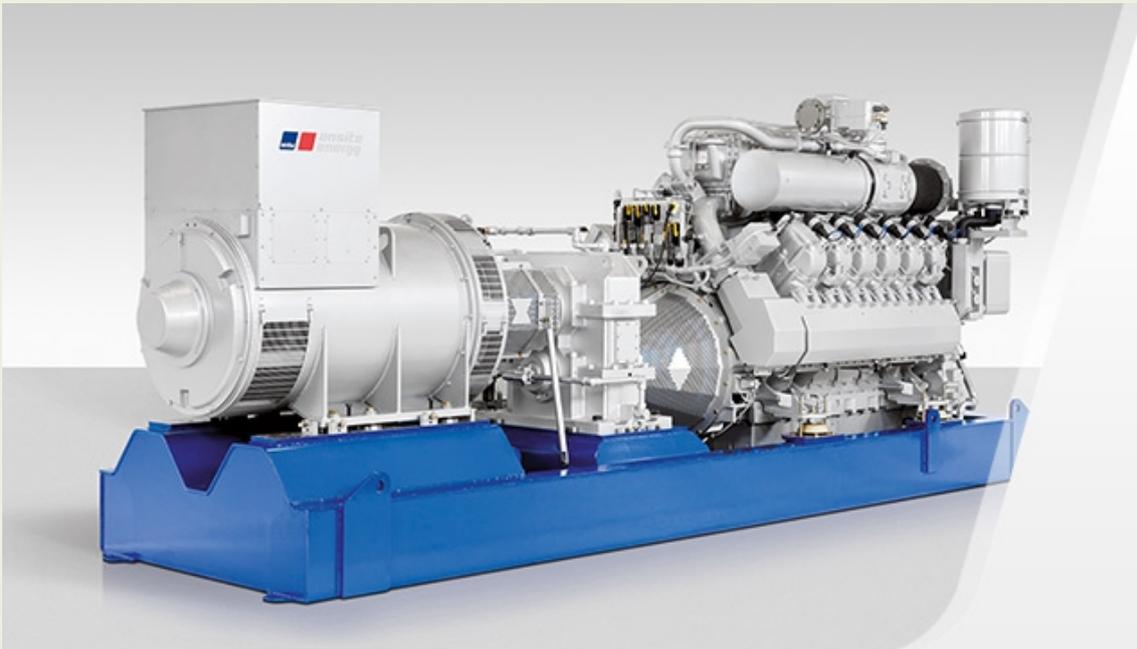
下記は、本ガス化装置の規格値であり、3.2MWのガス化炉の規格表の例です(モデル FPT-3200)。

Gasifier Model	FPT- 3200
Gasifier Type	Updraft, fluidized circulating bed with direct & indirect oxidation.
Fuel Specifications: Size (mm)	
Maximum:	Minimum:
Diameter- 100mm, Length- 150mm	Diameter- 25mm, length- 50mm
Moisture content (%)	<20% (Wet Basis)
Gasifier Output	
Rated Gas Flow (m ³ /hr)	4450 cu.mt./hr.
Average Gas Calorific Value (Kcal/m ³)	>2000Kcal/cu.mt
Thermal Rating	8,900,000 Kcal/hr
Rated Fuel consumption:	
MSW Cal. Value: 3500KiloCal / kg.	2543 Kg. per hr.
Rice husk Briquettes/ Coconut shells/Corn cobs Cal. Value:4000 Kilo Cal / kg.	2225 Kg. per hr.
Gasification Temperature (° C)	1050-1100 °C
Indicative Gasification Efficiency (%)	
Hot Gas mode (No Scrubbing)	>92%
Cold Gas mode (with Scrubbing)	>90%
Temperature of Gas at Gasif. Chamber outlet (° C)	250 to 300 ° C
Biomass Feeding	
Mode	Lift Charger
Frequency	Every 10-15 minutes
Ash removal	Continuous, through proprietary control and water seal
Gas cooling	Venturi Scrubber with water re-circulation
Gas cleaning (for Ultra Clean Gas mode)	ESP and De-moisturizer
Start-up	By Air Blower

ガスエンジン発電機メーカー紹介

超クリーンな合成ガスは、高エネルギーガスである為、効率的な天然ガス用ガスエンジンをチューニングすることで合成ガス用エンジンとして使用できます。通常のバイオマス合成ガスは、低エネルギーガス(1000-1200Kcal/Nm³程度)の為、この様な効率的なガスエンジンは使えません。バイオマスガス専用の低エネルギーガス用エンジンが必要となります。

ガスエンジン発電機の標準機は、**独製 MTU 社**(英国 Rolls-Royce 社グループ)のガスエンジンです。下記は大型の天然ガス用エンジンの写真ですが、本合成ガス仕様で約 1600KW の出力が出ます(天然ガスエンジン出力値の 80%出力)。従って、3200KW なら、2 台構成となります。同社の製品では、この装置が最大機種ですので、例えば、2000KW なら、この 1 台 1,600KW+小型の 1 台 400KW タイプの組み合わせ選択が可能です。



但し、このガスエンジン発電機は高性能ですが、それなりの高価格です。

下記は天然ガスエンジンの変更チューニング項目です。

Natural Gas / Lean burn gas Engine- MTU (Rolls Royce group, Germany)

Details of modifications of Natural Gas Engine to Producer Gas mode of operation:

S. no	Detail
-------	--------

1	Modification in engine for Producer gas mode of operation
2	Spark plug, H.T coils & Ignition control system
3	RPM controller and Automatic gas controller with Microprocessor based system & Actuator type governor
4	Shut down Emergency valves for Gas: Manual & Auto- One each.
5	Over- speed tripping system
6	Engine Air intake Over Pressure release valve- Two No.' s

続いて下記は、発電機 (Alternator) の規格表です。

Generator- Actual Technical Data Sheet will be as per the manufacturer		
S.N	Description	Data / Technical Details overview
1, 2	Manufacturers Make / Model	MTU (Rolls Royce group, Germany)
3	Conformance to Standards	IEC60034/BS2613/IS4722/IP23/IC01/IEC34-6 / IEC34-9, IEC85 /ISO1680 /IS08821
4	Construction of Rotor type	Salient Pole
5	Rated Output	4000 KVA / 3200KW
6	Output at Continuous 10% Overload	4400 KVA / 3520 KW for 5 minutes
7	Rated Speed	1500RPM
8	Noise level- 1mtr away from Generator	85 decibels
9	Vibration	<1.8mm/sec.
10	Type of Bearing	Double Row, Self Aligning, Spherical roller
11	Shaft Orientation	Horizontal
12	Direction of Rotation	Clockwise from NDE side
13	No. Of Phases & No. of Terminals	3 & 6
14	Connection	Star Y
15	Rated Voltage	11000Volts
16	Voltage Variation	+/-' 10%Volts
17	Frequency	50Hz.
18	Frequency Variation	+/-' 3% permissible
19	Rated Power Factor	0.80 Lag
20	Insulation-Stator / Rotor	Class 'C' / Class 'H' (High Insulation properties)

21	Insulation & Winding	Fire Resistant & Moisture Resistant
22	Temp.rise of Stator winding at full load	75 degree C
	of Rotor winding at full load	75 degree C
	of Bearing	70 degree C
23	Efficiency % at rated voltage, freq. & Pf	96.5% at 110% Load, 97.5% at 100% Load
		96.5% at 80% Load, 95.6% at 60% Load
		95% at 50% Load
24	Rated Current	210.5 amps

価格最優先であれば、性能は10%程度低下しますが、中国製のガスエンジン発電機でも使えます。発電機は独シーメンス製です。

このエンジンは、**低エネルギーバイオマス・ガス**用に設計された専用ガスエンジン発電機ですが、本ガス化装置の高エネルギー合成ガスでも使えますし、**高濃度水素（50-60%）**を含んだ合成ガス用エンジン発電機としても、多少の改造で使用できます。

ガス発電機の最大モデルは、1200KWタイプですが、最小は6気筒仕様300KWから、8気筒仕様の500KW、600KWタイプ（下記写真）があります。必要な容量分を組み合わせます。



下記は 9 気筒仕様の 800KW、或いは 1200KW（ターボ付）タイプです。



尚、更に小型のガスエンジン発電機もあります。
小型 100KW、200KW タイプのガスエンジン発電機なら、下記のチェコ製
TEDOM 社製品もお薦めです(下記写真)。



更に、他社ガスエンジン発電機製品との組み合わせも可能です。
お問い合わせ下さい。
勿論、資金に充分余裕があれば、純国産機もあります。

ガス化装置の能力

次の表は、提供可能な本ガス化装置のモデルと発電能力 (KW) 及び原料バイオマスの投入熱エネルギー量の関係です。

他のガス化設備能力タイプでも、カスタム設計の為、必要なら、ご提供可能です。

原料の種類に応じ原料投入量は変化します。また、表は、ガスエンジンへの可能な総ガス発生エネルギー投入量、原料 1 k g 当たりの原料別 Kcal 値とその場合の毎時投入バイオマス原料量 (kg/hr) を表わしたもので、必ずしも原料 (MSW, 米モミ殻、PKS、チップ材、巨大ススキ) の保有エネルギー値を意味していません。エネルギー値そのものに着目下さい。

仮に、検討中のガス化原料のエネルギー値が上記以外の場合は、比例計算で大凡の必要原料は解ります。

表中の発電量は、独製ガスエンジン (MTU) 発電機を前提とした数値です。中国製ガスエンジンなら、14-15% 発電量が減るか、使用原料が、逆に増えます。具体的には、ガスエンジン発電機の選定時に御相談ください。

同様に、エンジン廃熱が不要で、予算が許すなら、**廃熱ボイラー発電**、他の設備を導入すれば (Combined Cycle)、発電量の最大化により、同様に 10% (+) の発電量増、或いは使用バイオマス原料の削減が可能です。

ガス化装置	発電能力	熱投入量	MSW 籾殻	木質チップ	PKS ススキ	原料の例
(モデル)	(KW)	(Kcal/Hr)	3500	4000	4800	kcal/kg
FPT100	100	300,000	86	75	63	原料使用量
FPT200	200	600,000	171	150	125	(kg/hr)
FPT300	300	900,000	257	225	188	以下同様
FPT500	500	1,500,000	429	375	313	
FPT1000	1000	3,000,000	857	750	625	
FPT2000	2000	6,000,000	1,714	1,500	1,250	
FPT3200	3200	9,600,000	2,743	2,400	2,000	

FPT4800	4800	13,400,000	3,829	3,350	2,792	
---------	------	------------	-------	-------	-------	--



上記写真は、実 FPT4000/ 4 MW モデルの反応器(塔) とサイクロン (ベンチュリー・スクラバー) 部分で、基本的には FPT4800 と同じサイズです。

尚、5 MW 以上の大型ガス化発電プロジェクトであれば、上記のモデルを複数並列設置すれば良く、ほぼ無制限に拡張対応できます。

下記は、800KW, 1MW モデルの例、及び表紙のモデルは 2 MW です。



可能なオプション機器類と用途

本ガス化装置及びガスエンジン発電機に加えて、下記のオプション機器を加えれば、より広範囲な用途に対応できます。具体的には、別途ご相談ください。

熱源供給システム： ガスエンジンの排気ガス、エンジンオイル等の廃熱利用（CHP: Combined Heat and Power）による**熱湯、低圧蒸気熱利用**（暖房等）。原料の総合熱効率の向上による採算性向上が期待できます。

例えば、電力販売と廃熱・過剰CO₂・夜間照明（菊栽培）利用による温室・ビニールハウスによる**園芸・野菜・果物栽培ビジネス**も有効です。畜産・養鶏分野も同様です。原料の一部として、農業廃棄物、或いは畜産廃棄物を原料として利用もできます。また、暖房ばかりでなく**地域冷房**（Heat Pump）も可能です。

原料前処理システム： ガス化装置原料の選別（無機物の除去）、加工（粉碎、ペレット/ブリケット化）、乾燥設備機器の提供。より低価格の**粗原料**を使い原料価格、採算性の向上が期待できます。原料の水分が多い場合は、廃熱利用の乾燥設備、バクテリア利用の乾燥処理もあります。

系統接続機器システム： 発電した余剰電力は、系統接続機器を介して電力会社に**固定価格（FIT）**で、或いは新電力会社（PPS）に電力を販売出来き、長期に安定した売電ビジネスが可能です。

液体バイオ燃料製造、化学品製造： 既に、海外では商業化ビジネスが開始しています。

ガス化プロジェクト採算計算例

次の表は、本ガス化装置と中国製ガスエンジン発電機を組み合わせた3,200KWのバイオマス発電プロジェクトの収支計算例（例1）です。

これは、**単なる計算例**で、超概略の投資・収支計算例です。具体的な採算性を保証する数値ではありません。

具体的なプロジェクトでは、個々のケースで、設備・投資範囲、機種選択、原料の種類（エネルギー値）等を再度検討する必要があります。

この例は、独製（MTU）のガスエンジンを使う例ですが、中国製のガスエンジンを採用すれば、ガスエンジン発電機は約3分の2程度になります。また、バイオマス発電実績の多いオーストリア製（GE、イエンバッハ）なら、少なくとも50%（+）アップの価格です。

例1、各種バイオマス原料によるによるガス化・売電ビジネス採算性(3.2MW)

	国内間伐材	輸入(PKS)	国内RPF /RDF
項 目	金 額 (円)	金 額 (円)	金 額 (円)
全投資金額(合計)	1,941,408,000	1,735,968,000	1,735,968,000
発電設備能力(3,200KW)	3,200	3,200	3,200
ガス化・ガス精製装置(@20万円/KW)	640,000,000	640,000,000	640,000,000
ガスエンジン・発電装置(@21万円/KW)	672,000,000	672,000,000	672,000,000
系統接続費(1.25万円/KW)	40,000,000	40,000,000	40,000,000
原料前処理設備(乾燥、チップ化等@5万円/KW)	160,000,000		
土建、建屋、原料サイロ、他(@設備費の20%)	302,400,000	270,400,000	270,400,000
設計費、他(@7%)	127,008,000	113,568,000	113,568,000
バイオマス原料エネルギー(Kcal/Kg)	3,000	4,000	5,000
必要量(トン/年)	25,600	19,200	15,360
原料費(円/トン@15%水分換算)	14,000	11,000	2,500
売電価格(FIT, 円/KWh)	32	24	17
総発電量(KWh/年)	25,600,000	25,600,000	25,600,000
内部消費電力(KWh/年)	1,408,000	384,000	384,000
投資採算性(円、年間当たり)	金 額(円/年)	金 額(円/年)	金 額(円/年)
電力売上額	774,144,000	605,184,000	428,672,000
原料費	-358,400,000	-211,200,000	-38,400,000
償却費(15年均一)	-129,427,200	-115,731,200	-115,731,200
人件費(1人x4シフト,日勤2人,@350万円/年)	-35,000,000	-21,000,000	-21,000,000
保守費(3%@設備費)	-58,242,240	-52,079,040	-52,079,040
保険料(売上@0.5%)	-2,078,720	-1,969,920	-1,951,360
管理費(売上@2%)	-15,482,880	-12,103,680	-8,573,440
税引前利益(円/年)	175,512,960	191,100,160	190,936,960
フリーキャッシュフロー(円/年)	304,940,160	306,831,360	306,668,160
投資回収(年)	6.37	5.66	5.66

投資利回り(%@税引前利益/総投資額)	9.0	11.0	11.0
---------------------	-----	------	------

Note:

- 1) 本体等設備費は、現状の概算価格で、消費税なし
- 2) 原料の種類等により、投資額、収率の他、原料確保の難易度/価格、採算性等は変わります
- 3) チップ化、乾燥工程の1人/シフト(4人)追加
- 4) 未利用材の電力買取価格(2MW未満=40円/KWh、2MW以上=32円/KWh)
- 5) ガス化装置(インド製)、ガスエンジン発電機(独製)を前提

下記(例2)は、総発電力2MWのケースです。

平成27年4月以降の間伐材のFIT価格は、32円/KWhから40円/KWhへと増額になりました。

例2、各種バイオマス原料によるによるガス化・売電ビジネス採算性(2.0MW)

	国内間伐材	輸入(PKS)	国内RPF/RDF
項目	金額(円)	金額(円)	金額(円)
全投資金額(合計)	1,308,960,000	1,179,360,000	1,179,360,000
発電設備能力(2000KW)	2,000	2,000	2,000
ガス化・ガス精製装置(@22万円/KW)	440,000,000	440,000,000	440,000,000
ガスエンジン・発電装置(@22万円/KW)	440,000,000	440,000,000	440,000,000
系統接続費(1.5万円/KW)	30,000,000	30,000,000	30,000,000
原料前処理設備(乾燥、チップ化等@5万円/KW)	100,000,000		
土建、建屋、原料サイロ、他(@設備費の20%)	202,000,000	182,000,000	182,000,000
設計費、他(@8%)	96,960,000	87,360,000	87,360,000

バイオマス原料エネルギー(Kcal/Kg)	3,000	4,000	5,000
必要量(トン/年)	16,000	12,000	9,600
原料費(円/トン@15%水分換算)	14,000	11,000	2,500
売電価格(FIT, 円/KWh)	40	24	17
総発電量(KWh/年)	16,000,000	16,000,000	16,000,000
内部消費電力(KWh/年)	880,000	240,000	240,000
投資採算性(円、年間当たり)	金額(円/年)	金額(円/年)	金額(円/年)
電力売上額	604,800,000	378,240,000	267,920,000
原料費	-224,000,000	-132,000,000	-24,000,000
償却費(15年均一)	-87,264,000	-78,624,000	-78,624,000
人件費(1人x4シフト,日勤2人,@350万円/年)	-35,000,000	-21,000,000	-21,000,000
保守費(2%@設備費)	-26,179,200	-23,587,200	-23,587,200
保険料(売上@0.5%)	-1,904,000	-1,231,200	-1,219,600
管理費(売上@2%)	-12,096,000	-7,564,800	-5,358,400
税引前利益(円/年)	218,356,800	114,232,800	114,130,800
フリーキャッシュフロー(円/年)	305,620,800	192,856,800	192,754,800
投資回収(年)	4.28	6.12	6.12
投資利回り(%@税引前利益/総投資額)	16.7	9.7	9.7

Note:

- 1) 本体等設備費は、現状の概算価格で、消費税なし
- 2) 原料の種類等により、投資額、収率の他、原料確保の難易度/価格、採算性等は変わります
- 3) チップ化、乾燥工程の1人/シフト(4人)追加
- 4) 未利用材の電力買取価格(2MW未満=40円/KWh、2MW以上=32円/KWh)
- 5) ガス化装置(インド製)、ガスエンジン発電機(独製)を前提

FPT と同じお薦め Up-Draft 型ガス化炉製品 (PMX)

次に、以上説明の Up-Draft 型の FPT ガス化炉（弊社 OEM 製品/製作先インド）と類似の Up-Draft 型 **ガス化発電装置（弊社 OEM 製品 PMX:ePower Maxmization eXtended, 製作先中国）** をご紹介します。

下記写真は、PMX (1 MWe) の例です。



同じ Up-Draft 型の為、ガス化炉の基本機能、性能、価格帯等は、FPT も、PMX も全てほぼ同一です。従って、一般的な説明も FPT ガス化炉と同一ですので、そちらを参照ください。主な差は下記です。

- ①ガス化炉本体、1基のガス化能力は、50KWe 程度から **2 MWe** 迄各種能力あり、尚、設備能力は、予め決められた設備能力から選択が基本。それ以上は並列設置構成です (FPT は単体で 4MWe 迄)。
- ②原料供給等、**自動化** (FPT は半自動) です。
- ③**ガス化装置、及びガスエンジン発電機全てを 1 社内で取り扱える**ので (FPT はガス化炉単体、エンジン発電機は、他社製品を選択)、ストックの無い様な**保守部品**の購入・調達、製造元に依頼が必要な様な**重要保守作業等は 1 社で完結**できる。地理的にインドに比べ、中国は近く**早い保守対応**、等が可能です。

④ ガスエンジン発電機に加え、排熱回収 IGCC 複合発電 (<http://biofuels.co.jp/page20-13.html>) 複合 ORC、或いは蒸気ボイラー・タービン発電も準標準となり、中大型プラント (1.8MW以上) の場合、一括提供可能です。但し、国内の発電ボイラー規則もあり、通常小型輸入 ORC 機器の利用に限定されます。

国内でご希望の多い高圧接続範囲 (2MW 未満) での中型ガス化発電に於いて IGCC 複合発電を希望される場合、後述の高温排熱ガス利用 (Combustion-Chamber) と PureCycle (下記写真、開発元：米国 Pratt & Whitney) を組み合わせた複合 ORC 発電を標準的に組み込んだ高性能発電機をご提案しています。



同様に、海外大型ガス化発電プロジェクト (8MW 以上) の場合、大型 ORC (2 MW~) として、より高発電効率機の Exergy (下記、伊製) を準標準機としご提案しています。



国内**大型ガス化装置**（20MW+）程度以上の場合、第1の選択は、ORCに代えて**国産機**（排熱ボイラー・蒸気タービン複合発電）との組み合わせで通常対応させていただきます。また、ガスエンジン発電機に代えて**ガスタービン**との組み合わせも、排熱利用法、ガス化発電規模、及びご希望により考慮します。

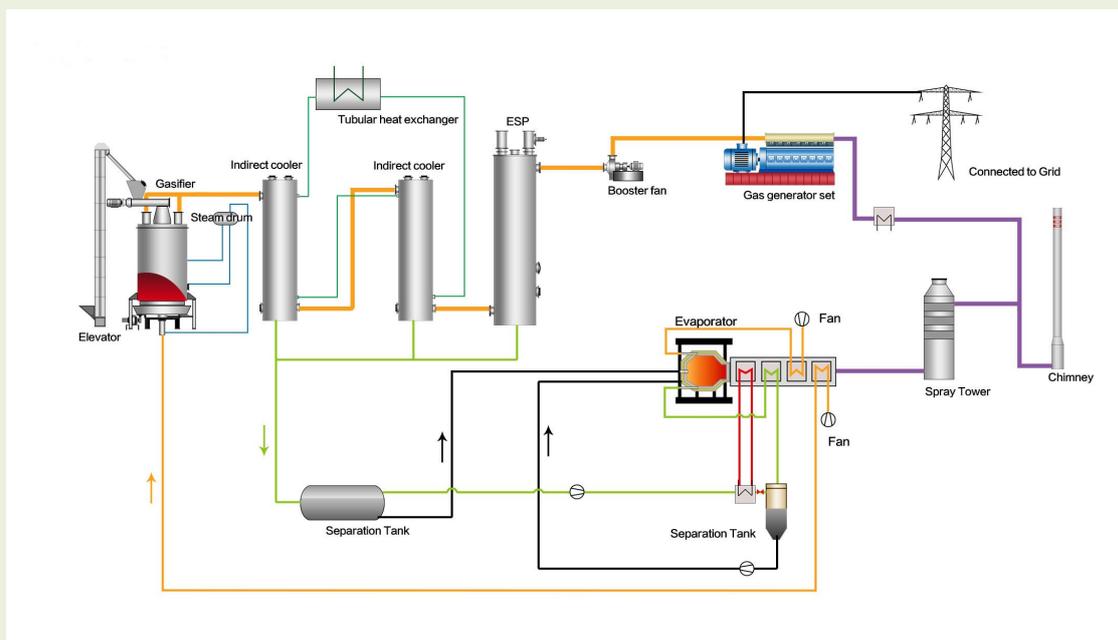
⑤FPT, PMXの何方も**選択可能**ですが、特に指定が無ければ、国内の顧客向けは、現状本**PMX製品を推薦中**です。

プロセスフローのご紹介

以下に簡単にPMXのプロセスフローを紹介します。Up-Draft法で副生するタール留分の処理法、或いは**タール分利用法**の違いが主です。

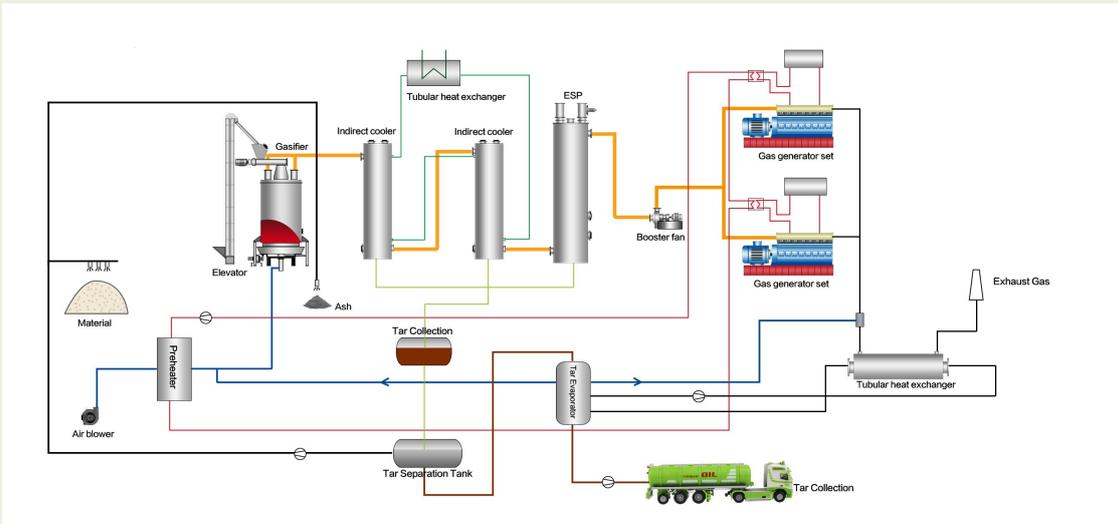
①タール分をフラント内で**焼却処理**(Incineration)

この方式は、小規模（1MWe程度以下）で主に採用されます。



②タール分を分離し、販売（別途、燃料として利用）する場合

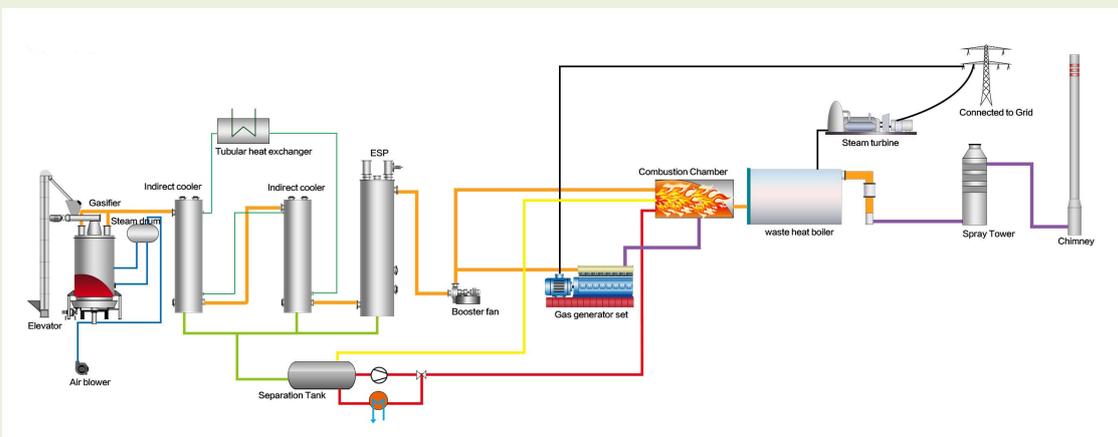
タール分は、**軽油・重油の50～60%の熱量**があります。特に有害成分を含まない**木質チップ材**を使うガス化なら、ボイラー燃料として問題なく自己使用できます。市場が有れば販売も可能です（熱分解・バイオ油）。



③ タール分を使い**複合発電（IGCC）**の発電ボイラー燃料として有効利用する場合

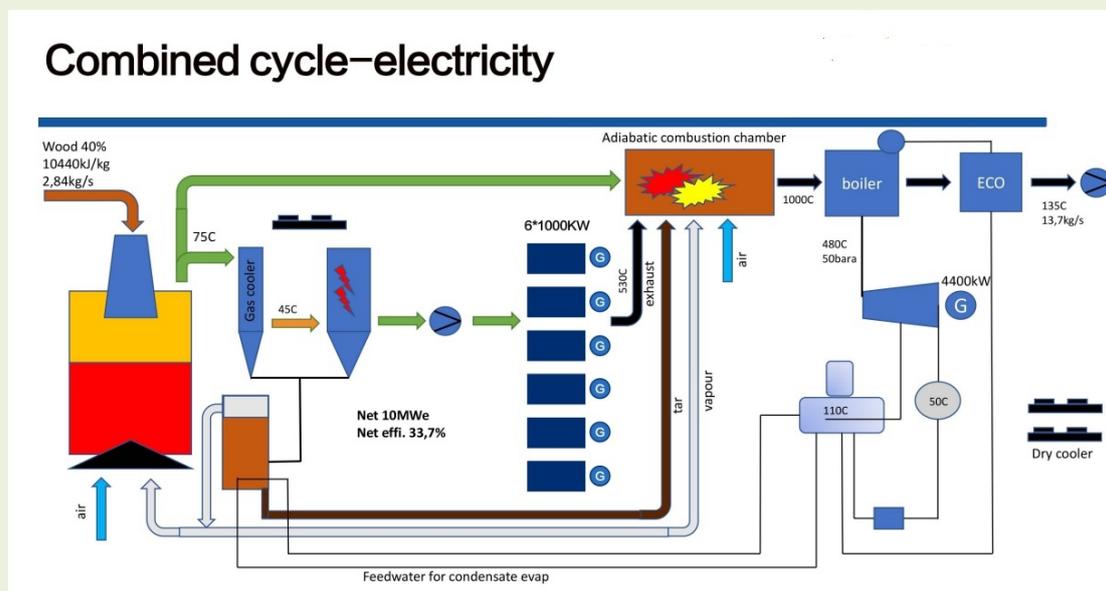
複合発電（蒸気タービン、或いは**ORC 排熱回収複合発電機**）により、単純なエンジン排熱回収に加え、**副生タール分**の燃料有効利用、及びガス化合成ガスの燃焼熱利用より高温ガスを発生させます。高価な原料に対する発電効率を**高温ORC(高温複合蒸気タービン発電)**より向上させることができます。

即ち、エンジンの高温排ガスをボイラーに導入すると共に、タール及び(不足)空気をボイラーに加え、高圧蒸気（ORC 用有機媒体）を発生させ、その高圧水蒸気（有機 ORC 蒸気媒体）を使い水蒸気（ORC 有機蒸気）タービン発電を行う方法です。



もう少し、IGCC周りを詳しい図が下記です(下記は10MWeの場合)。

図は、水蒸気ボイラーですが、有機媒体蒸気（ORC）でも同じです。現状、発電能力 2MWe～10MWe クラス程度迄は、ORC を通常お勧めしています。



④ PMX ガス化炉と組み合わせる標準的なガスエンジン発電機です。1 基当たりの発電能力は、直列L型（L8）の 400KWe、500KWe、及びV型（V16）の 800KWe、1000KWe となっています。発電機ドイツ Siemens のライセンス品を主に採用しています（他も可）。



ガス化発電（PMX）の採算計算例

下記は大型バイオマス発電の採算性の計算例(10MWe)を添付します。これは単なる計算例です。具体的な投資額が必要な場合、計画の概要をご連絡下さい。

国内設置の場合、通常投資額 39～42 億円（40 万円/KWh）程度が想定されます。

この**複合発電 (IGCC)** による高性能ガス化発電 (前記のフロー図) の例です。尚、10MW クラスの大型ガス化・プラントの場合、**原料は殆ど輸入**に頼ることになり、どの様な**荷姿** (バラ、コンテナ等)、**容量単位**で輸入するかですが、国内材と比較出来ない程大量の原料保管ヤードが通常必要となり、必要な保管スペースを含め関連建設費も膨大となり得ます。個々のケースで別途見積が必用で、従って、この項は**見積外**とします。

**国内ガス化・売電ビジネス(複合
発電10MW)の概算計算例**

N O.	項 目	一般材 (丸 太)	一般材 (未乾燥チップ)	建設廃材 (未乾燥チップ)
		金 額 (円)	金 額 (円)	金 額 (円)
1	全投資金額(合計)	3,973,380,000	3,860,880,000	3,860,880,000
2	発電設備能力(グロス10MW)	10,000	10,000	10,000
3	ガス化・ガス装置一式(4 系列)	1,681,680,000	1,681,680,000	1,681,680,000
4	ガスエンジン・発電装置一式(6 系列)	693,000,000	693,000,000	693,000,000
5	排熱ボイラー・蒸気タービン(HRSG)	623,700,000	623,700,000	623,700,000
6	原料供給、ホッパー、他	125,000,000	125,000,000	125,000,000
7	冷却設備一式(ガス化装置、エンジン)	105,000,000	105,000,000	105,000,000
8	変電、系統接続費	142,500,000	142,500,000	142,500,000
9	前処理設備(丸太よりチップ化設備費)	112,500,000		
10	原料チップ保管ヤード(見積外)			
11	上記設計料、等	70,000,000	70,000,000	70,000,000
12	土建、建屋、他(ガス化本体)	270,000,000	270,000,000	270,000,000
13	プロジェクト管理費、等	150,000,000	150,000,000	150,000,000
14				
15	原料丸太必要量(トン/年)	140,916		
16	: 水分 (%)	65.0%		
17	原料費(生丸太/未乾燥チップ、円/トン)	2,500		
18	原料費(チップ換算、円/トン)@水分40%	4,286	6,000	1,500
19	: 熱量(MJ/Kg— LHV@40%)	10.44	10.44	10.44

20	:必要量(Kg/h)	10,224.00	10,224.00	10,224.00
21	: 必要量(ト/年)	82,201	82,201	82,201
22	: 原料投入熱量(kW/h)	29,663.39	29,663.39	29,663.39
23	売電価格(FIT, 円/KWh)	24.00	24.00	13.00
24	ガスエンジン発電効率(%)	33.71%	33.71%	33.71%
25	発電量(kW/h@グロス)	10,000	10,000	10,000
26	: (kW/h@ネット)	8,620	8,620	8,620
27	自家消費電力(発電量@%)	13.80%	13.80%	13.80%
28	総発電量(KWh/年=8,040 時間)	80,400,000	80,400,000	80,400,000
29	自家消費電力(発電量@13.8%)	11,095,200	11,095,200	11,095,200
30	原料費/売上(電力)割合(%)	21.18%	29.65%	13.69%
31	原料費/電力(円/KWh)	5.08	7.12	1.78
32				
33	投資採算性(円、年間当たり)	金額(円/年)	金額(円/年)	金額(円/年)
34	電力売上額	1,663,315,200	1,663,315,200	900,962,400
35	原料費	-352,289,829	-493,205,760	-123,301,440
36	償却費(15 年均一)	-264,892,000	-296,990,769	-296,990,769
37	人件費(5人 x4シフト,日勤3人,Note-5)	-103,500,000	-85,500,000	-85,500,000
38	灰処分費(原料の3%@1万円)	-24,660,288	-24,660,288	-24,660,288
39	保守費(3.5%@設備費)	-139,068,300	-135,130,800	-135,130,800
40	保険料(売上@0.5%)	-8,316,576	-8,316,576	-4,504,812
41	運転経費・管理費(売上@1.5%)	-24,949,728	-24,949,728	-13,514,436
42				
43	税引前利益(円/年)	745,638,479	594,561,279	217,359,855
44	フリーキャッシュフロー(円/年)	1,010,530,479	891,552,048	514,350,624
45	投資回収(年)	3.93	4.33	7.51
46	投資利回り(%@税引前利益/総投資額)	18.8	15.4	5.6

Note:

1)ガス化装置、エンジン発電機等の投資額は現状の添付フロー図メーカーによる

概算価格です(HRSGは国産の予定)、設備、経費全て消費税別

途です

2)HRSG の性能、価格は超概算です。付帯設備費も同様です

3)原料受入・計量設備、事務所建設費等は含めていません

4)原料の種類、品質、熱量等により、投資額、収率の他、原料確保の

難易度/価格等により、採算性等は変わります

5)人件費:均一450万円/人、チップ製造の人員(1人/シフトとする)

以 上

導入教育保守体制

ご購入頂いたお客様は、併せて必要な導入、教育支援が受けられます。ガス化発電機器の保守体制も、部品供給と併せて、順次整備を行って参ります。これら諸サービスは本体ご購入時に併せてご提案させていただきます。

メーカー保証期間

故障に対する製造元の無料補償期間は、顧客先搬入後 12 ヶ月と致します。それ以降は、別途契約の有料保守サービス、又は年間保守契約サービスへ移行します。保守会社は顧客先とご相談し、費用を含め最適な企業をご紹介します。

Blogs 紹介、ご参考記事

本ガス化装置本体の紹介記事は、下記の Blogs に掲載済みです。併せて、ご参照ください。

<https://joeh.hatenablog.com>

弊社 H.P. 上の各種バイオマス・ガス化発電装置の紹介

弊社 H.P. では、本 Up-Draft 型バイオマス・ガス化発電装置 (F P T, PMX) を含め、弊社が輸入代理店、或いは OEM 依頼先製品として取り扱う小型から超大型機迄、いろいろな各種ガス化 (発電) 装置を掲載し、顧客のご要望に対応させて頂いております。下記も併せて参照ください。

<http://biofuels.co.jp/page2.html>

高性能中大型バイオマス・ガス化発電装置 (Up-Draft 型) を

日本の皆様へ



日本国内の営業・販売・導入・教育・保守サポートをします

(保守サポートは、費用が異なりますが、装置製造メーカー、国内契約先等、顧客先のご要望に合わせます)

開発輸入販売元
(弊社 OEM 製品)

合同会社 バイオ燃料
神奈川県厚木温水 4 7 6 (〒243-0033)

電話 046-247-6047

携帯 090-1115-1650

H.P. : <http://www.biofuels.co.jp>

メール先 : info@biofuels.co.jp

注) 充分実証されていない予定、項目も本説明書に含まれています。

ご購入を検討時等に、内容を担当者にご確認を下さい。

2021/05/01