

平成30年度

戦略的基盤技術高度化・連携支援事業

戦略的基盤技術高度化支援事業

農林業のニーズに応える小型・低コストバイオマスガス化発電システムの開発

研究開発成果等報告書

平成31年3月

担当局 関東経済産業局

補助事業者 公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構

目次

第1章 研究開発の概要	1
1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標.....	1
1-2 研究体制.....	1
1-2-1 研究体制.....	1
1-2-2 研究者氏名.....	2
1-2-3 協力者（アドバイザー）.....	3
1-3 成果概要.....	3
1-3-1 タール改質触媒の開発.....	3
1-3-2 高効率・小型バイオマスガス化発電システムの開発.....	3
1-3-3 多種バイオマス対応型ガス化システムの開発.....	3
1-4 当該研究開発の連絡窓口.....	4
第2章 本論	5
2-1 タール改質触媒の開発.....	5
2-1-1 構造体触媒の調製及び改質特性の評価.....	5
2-1-2 構造体触媒を用いた実用レベルのバイオマスガス改質システムの開発.....	8
2-2 高効率・小型バイオマスガス化発電システムの開発.....	12
2-2-1 高速・高効率ガス化炉の開発.....	12
2-2-2 バイオマスガス化発電システムの開発.....	16
2-3 多種バイオマス対応型パドル式ガス化炉の開発.....	18
2-3-1 多種バイオマスに対応したガス化システムの開発.....	18
第3章 全体総括	21

第1章 研究開発の概要

1-1 研究開発の背景・研究目的及び目標

現在、日本の農業にとって最も重要な課題の一つとして生産コストの低減があり、中でもエネルギーコストの低減は喫緊の課題である。農業由来のバイオマス（籾殻）を原料としたバイオマス発電に対する期待が高まっている。同様に林業も厳しい状況下に置かれていて、森林の荒廃が年々進んでいる。近年、政府の地域創生策、バイオマス産業都市化構想、固定価格買い取り制度（FIT）の見直しによる小型バイオマス発電への優遇策など、様々な支援策が打ち出された。これらを契機に森林業界では、未利用バイオマス（間伐材）を活用して地域活性化を図るバイオマス発電事業（200～500kW 規模）への機運が盛り上がりを見せている。

農業や林業の業界が求めるニーズに応じて課題を解決し、政府施策に応じることを主たる目的として、農林業者が導入可能なユニット製品の事業化を目標に「小規模・低コストバイオマスガス化発電システムの開発」（図 1-1）に取り組む。

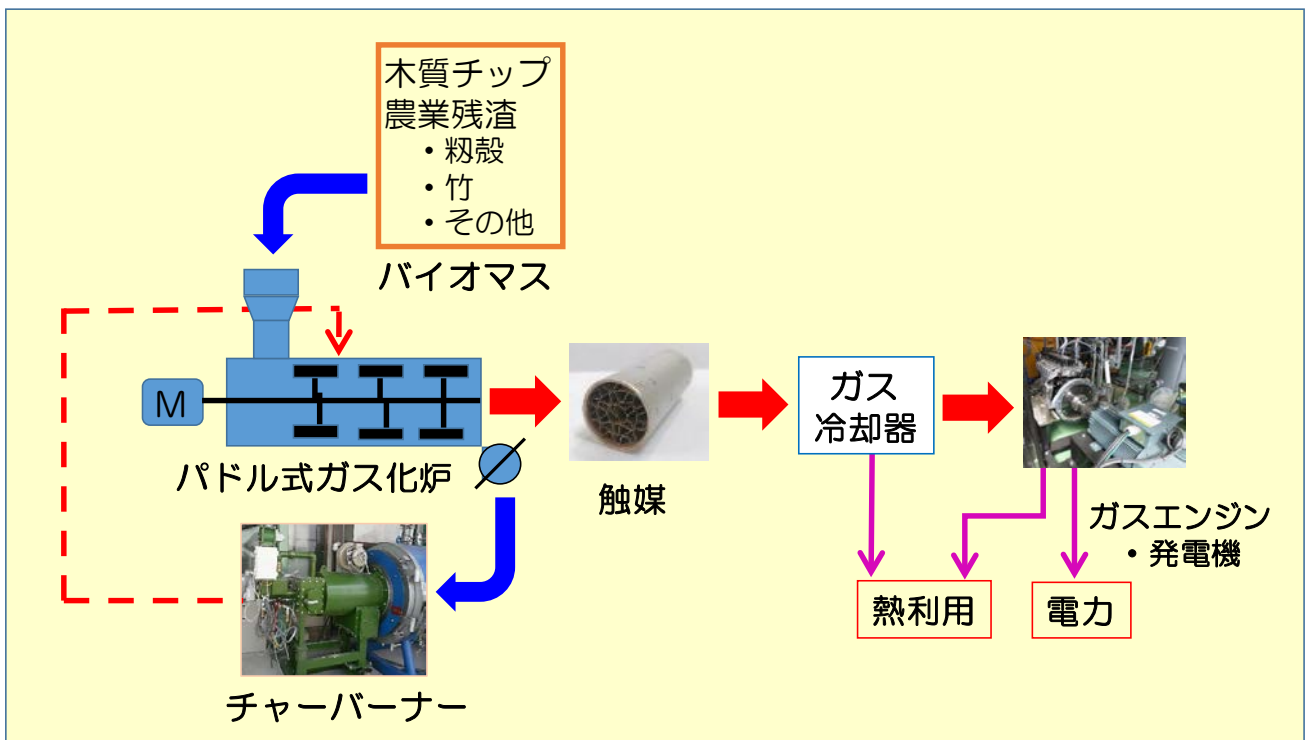


図 1-1 バイオマス低温ガス化発電システムの概要

1-2 研究体制

1-2-1 研究体制

事業管理機関である公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構が、実際の研究開発に携わる静岡製機株式会社、国立大学法人静岡大学、静岡県工業技術研究所を管理し、全体の事業を推進した（図 1-2）。

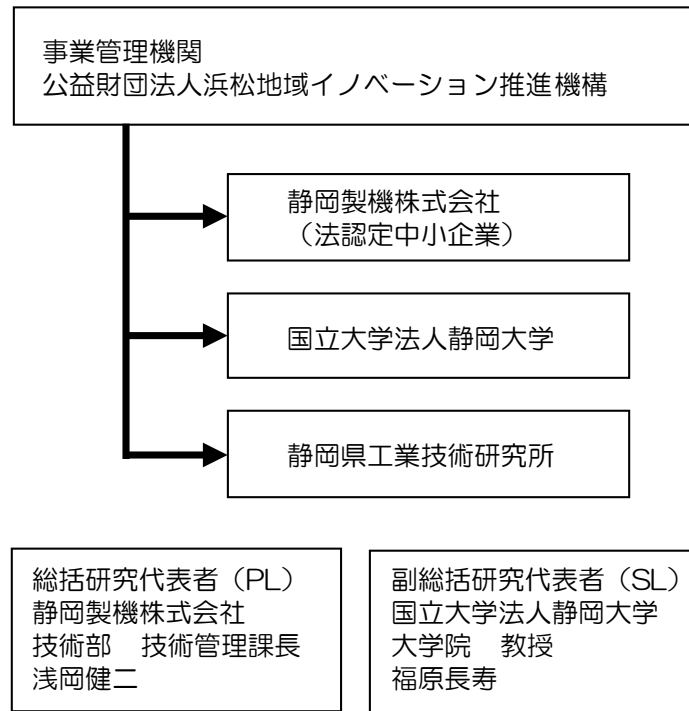


図 1-2 研究体制

1-2-2 研究者氏名

静岡製機株式会社

氏名	所属・役割
浅岡健二	課長 総括研究代表者
須山秀機世	次長
阿部範之	課員
横江未央	課員
松澤孝太	課員
渡部拓也	課員
瀧澤光男	課員

国立大学法人静岡大学

氏名	所属・役職
福原長寿	大学院教授 副総括研究代表者
渡部 綾	大学院准教授

静岡県工業技術研究所

氏名	所属・役職
岡本哲志	上席研究員

1-2-3 協力者（アドバイザー）

氏名	所属・役職
須藤 雅夫	公益財団法人天野工業技術研究所 理事
松本 豊	公益財団法人静岡産業振興協会 産学連携コーディネータ
鈴木 勝	静岡県名誉農業経営士

1-3 成果概要

本研究開発により、下記の成果を得た。

1-3-1 タール改質触媒の開発

実験室レベルでは、Ni/Al₂O₃系プレート形触媒を用いて、模擬タールとして選定したナフタレンを800℃にて水蒸気改質し、改質率100%、耐久時間200時間を達成した。触媒上においてほぼ選択的にナフタレンの水蒸気改質反応が進行し、主生成物はH₂とCOであった。

バイオマス低温ガス化炉で生成されたバイオマスガス（実タール）を用いて、触媒の改質性能を試験・評価する装置をテストプラントの中に製作した。既存の触媒を活用して早期実用化を図るために、自動車用ハニカム構造体にロジウム Rh を担持させた触媒を試作しテストした。800℃にて改質後、ガス中の水素濃度の増加、タールの主要成分の消失または減少を確認した。

1-3-2 高効率・小型バイオマスガス化発電システムの開発

含水率が25%の木質チップをパドル式ガス化炉にて、ガス温度650℃・パドル回転数60rpmのとき、約1分15秒で乾燥・ガス化させることができた。ガス化に必要な加熱量はバイオマス熱量の35%程度だった。熱収支を改善するために、ガス化炉と熱風発生炉の一体化、集塵サイクロンの小型化、過熱水蒸気循環機構の見直しなどの改良を織り込んだ基本設計を完了した。毎時60kgの木質チップを投入して得られる発生ガス量は35Nm³、ガスエネルギーは17MJ、発電量は50kWであった。また、同時に得られる温水熱量は350MJであった。

1-3-3 多種バイオマス対応型ガス化システムの開発

木質チップ以外に、破碎チップ、籾殻、竹チップ、廃菌床を原料として、ガス化発電が可能であることを確認した。ガス化の副産物であるチャーと灯油を混燃できるハイブリッド・チャーバーナーを開発、試作した。形が不定形なため安定投入が困難で、かつ投入中にブリッジを起こしやすい各種バイオマスを連続して安定的に投入する装置を開発し特許出願した。

1-4 当該研究開発の連絡窓口

事業管理機関 公益財団法人浜松地域イノベーション推進機構

事業推進部 米谷俊一

電話 053-489-8111 FAX 053-450-2100

E-mail kometani@hai.or.jp

法認定中小企業 静岡製機株式会社

技術部 浅岡健二

電話 0583-23-7362 FAX 0538-23-4997

E-mail k.asaoka@shizuokaseiki.com

第2章 本論

2-1 タール改質触媒の開発

2-1-1 構造体触媒の調製及び改質特性の評価

(1) 構造体（プレート形）触媒の調製

図 2-1 は、本研究で開発した Ni/Al₂O₃系プレート形触媒である。このプレート形触媒は、断面を星形に加工した見掛け表面積 158cm²のステンレス製基材を支持体とし、その表面にゾルゲル法と無電解ニッケルめっきにより Ni/Al₂O₃成分をコーティングした触媒である。ゾルゲル法における Al₂O₃成分のコーティングでは、アルミニウムトリイソプロポキシド原料としたアルミニウムゾルを、Al 源として用いた。また、ニッケル担持の操作には Sn-Pd の交互めっきと、水素化ホウ素ナトリウムを還元剤とした無電解めっきを採用した。

写真から、ステンレス基材上には一様な黒色触媒成分が確認でき、触媒成分が均一である様子がわかる。また、触媒成分の付着強度は高く、反応試験後の触媒成分の脱落は観察されなかった。実使用に耐え得る触媒である。



図 2-1 開発した Ni/Al₂O₃系プレート形触媒

(2) ナフタレンの水蒸気改質反応の評価

バイオマスタールのモデル物質としてナフタレンを選定し、調製した Ni/Al₂O₃系プレート形触媒のナフタレンの水蒸気改質特性を評価した。図 2-2 は、その水蒸気改質特性を評価するときを使用した反応装置のシステム構成図である。通常の常圧流通系反応システムを採用している。反応部に調製した Ni/Al₂O₃プレート形触媒を SUS316 製の円筒反応管（1inch 径）の中央部に設置し、PID 型温度制御器によって改質温度を任意の所定温度に制御している。また、原料であるナフタレンは、反応管手前のバブリング装置内で加熱しつつ窒素（キャリアガス）でバブリングすることで、所定量を反応管に供給した。ここで、ナフタレンを飽和蒸気とするためのバブリング装置の設定温度は 142℃または 164℃（分圧変化のため）であり、また、キャリアガスも予め加熱したものを所定量で供給した。水蒸気は、無脈流ポンプによって一定の速度で水を配管（180℃に加熱）内に供給し、気化させた状態で反応場に供給した。

反応後のガスは、局所排気装置を付設した冷却トラップにて、未反応ナフタレンと水分、ガス状成分に分離した。未反応のナフタレンは、ガスクロマトグラフ（FID）にて内部標準法で定量分析を行なった。ガス状成分は、サンプリングポートからシリンジにて採取して、ガスクロマトグラフ（TCD）にて定量分析を行なった。ガス状成分の流量は石鹼膜流量計を用いて計測した。

また、評価装置には、調製した Ni/Al₂O₃系構造体触媒を還元処理するためのラインが付設してある。触媒活性を発現させるためには大切な処理であり、反応前には予め触媒の還元処理を行なった。

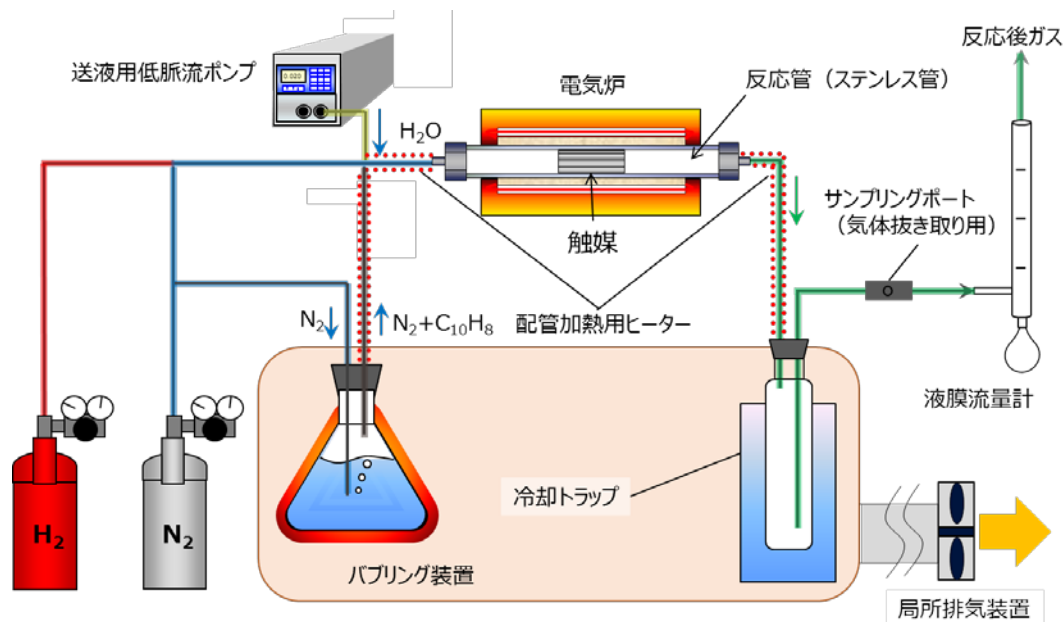
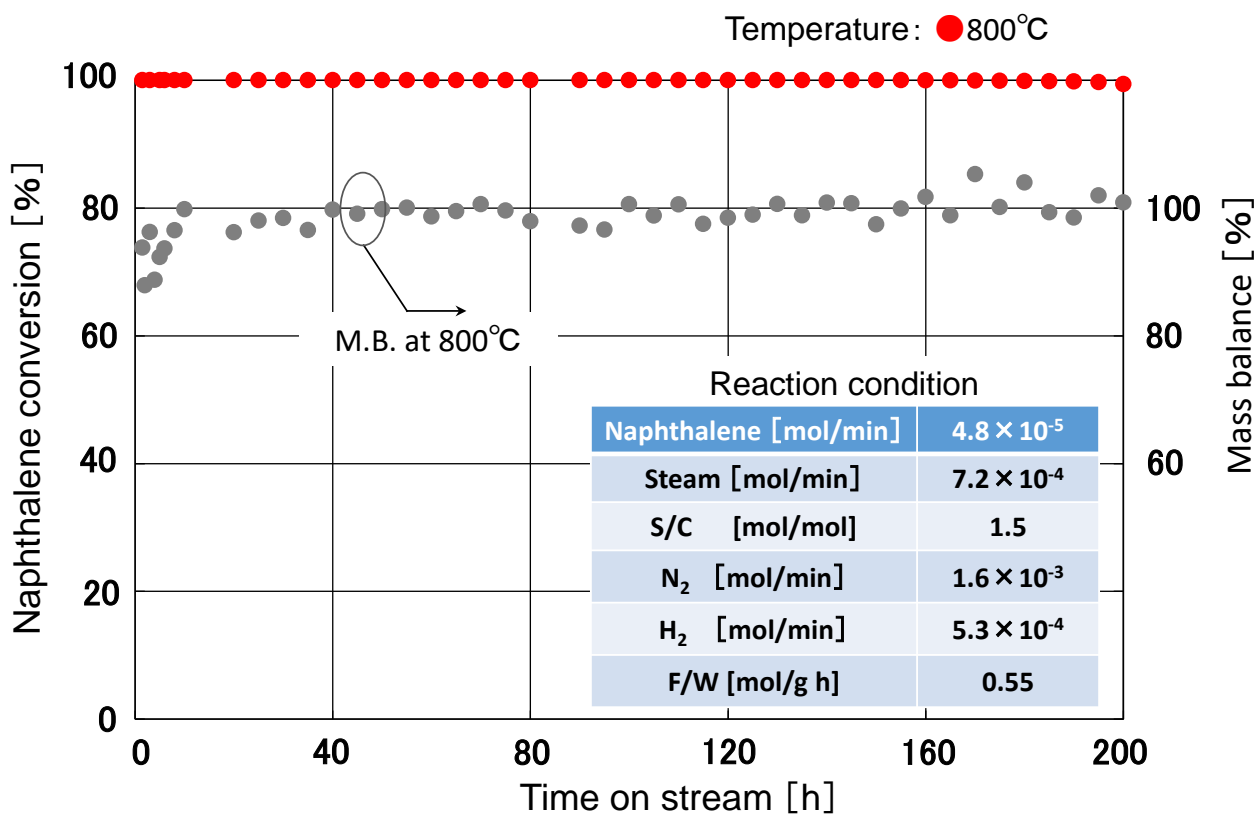


図 2-2 Ni/Al₂O₃系プレート形触媒の水蒸気改質特性の評価装置

(3) Ni/Al₂O₃系プレート形触媒の水蒸気改質特性

開発したプレート形触媒のナフタレン水蒸気改質特性に関し、その活性成績の一例を図 2-3 に示す。



Raw gas composition) C₁₀H₈ : H₂O : N₂ : H₂ = 1.7% : 24.8% : 55.2% : 18.3%

図 2-3 開発した Ni/Al₂O₃系プレート形触媒の水蒸気改質特性の経時試験

この図は、改質温度 800°Cにおいて、ナフタレンの供給量を既報論文と比較してより厳しい条件で流した時の経時変化である。図から、開発した触媒はほぼ 100%の改質活性を示しており、その活性を 200 時間維持していることがわかる。物質収支 (M.B.) についても、反応初期における若干の不安定性を除いて終止 100%近傍の値を示していることから、触媒上では安定した改質反応が進行していることが判断できる。このような高く安定したナフタレン改質特性を示した触媒の開発は、広く既報論文を参照してもその例は見られない。本プロジェクトの当初の目標である、長期の触媒寿命を保有した水蒸気改質触媒の開発は十分に達成されたことが、この結果から判断できる。

図 2-4 は、このときの反応生成物の組成である。なお、本組成の計算では原料中に共供給した水素量は除外しており、改質反応で生成したガスのみ組成である。図から、主生成物は H₂と CO であり、CO₂ が若干量生成していることがわかる。改質時の反応としては、以下の二つの反応が進行すると考えられており、すなわちナフタレンの水蒸気改質と CO シフト反応である。改質反応における H₂/CO の量論比は 1.4 であり、組成図の量論比もそれに近い。シフト反応が併発していることを考えれば、開発触媒上においてほぼ選択的にナフタレンの水蒸気改質反応が進行しているものと判断できる。

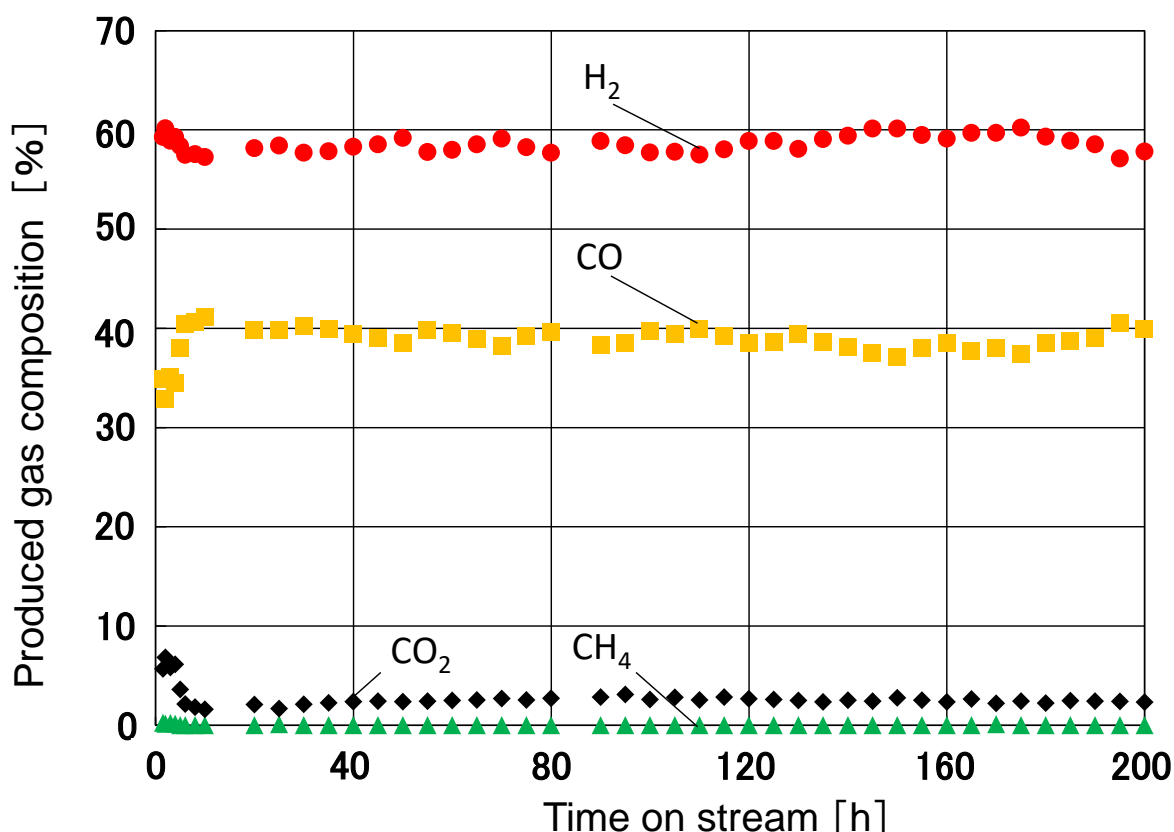
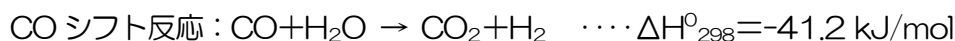


図 2-4 Ni/Al₂O₃系プレート形触媒の水蒸気改質における生成物組成

また、図 2-5 は改質生成物の時間変化をピックアップしたものである。目的生成物である H₂と CO は 200 時間にわたってほぼ一定の生成量を示していることや、トータルの生成物量もほぼ変化がないことがわかる。タール成分のなかでは改質しにくい物質として分類されるナフタレンを、このように選択的に

かつ効率的にガス化するプレート形触媒が開発されたことは、バイオマス資源の改質システムの開拓において重要な技術が獲得できたものと判断される。

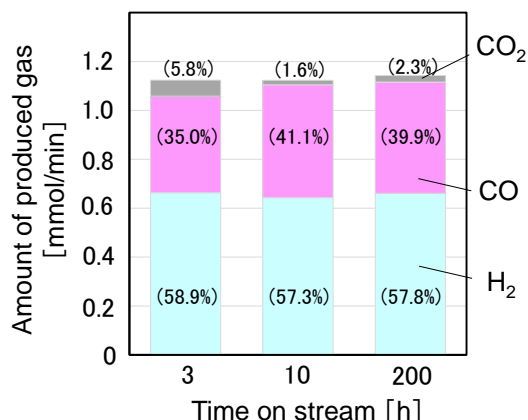


図 2-5 改質生成物の生成量の時間変化

2-1-2 構造体触媒を用いた実用レベルのバイオマスガス改質システムの開発

(1) ラボラインの試作

静岡大学にて行なったナフタレン（模擬タール）の水蒸気改質試験で得られた知見を基に、実際のバイオマスガスを用いて触媒が評価できる、バイオマスガス改質システムを試作した。（以降、試作した改質システムをラボラインと呼称する）。ラボラインの構成を図 2-6、外観を図 2-7 に示す。

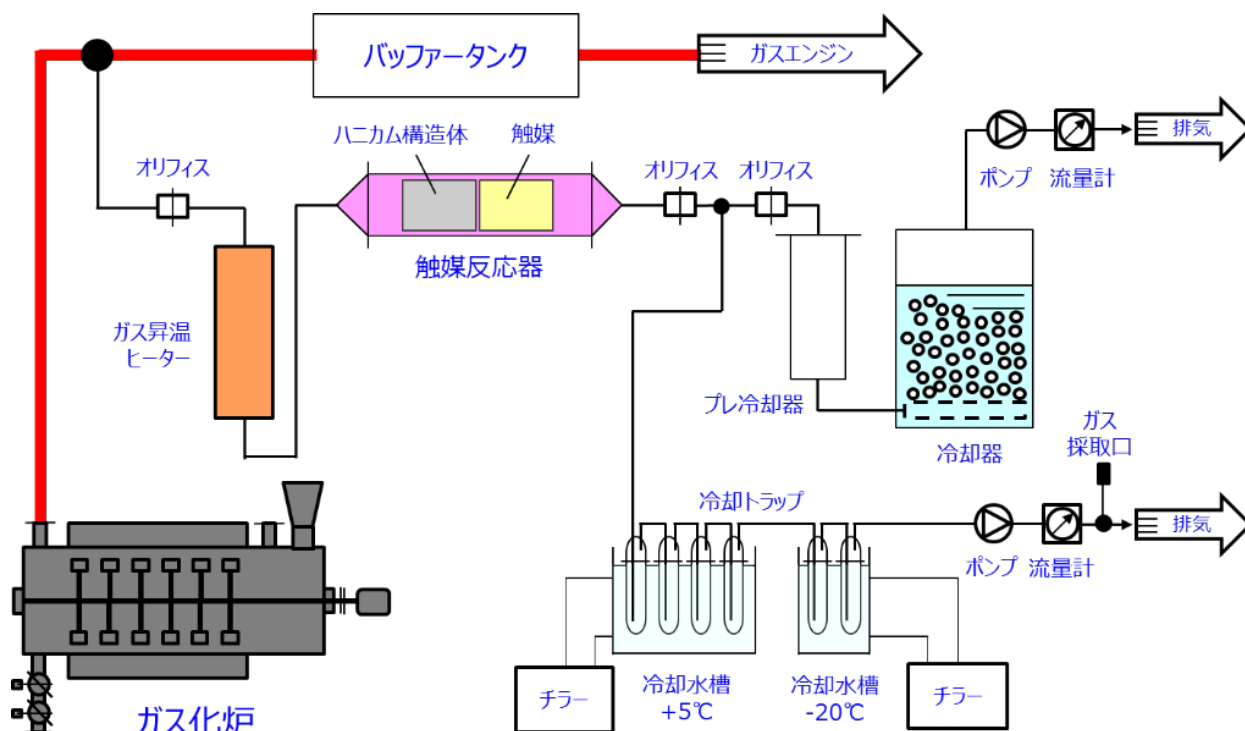


図 2-6 ラボライン（触媒を用いたバイオマスガスの改質システム）

ガス化炉で発生したバイオマスガスの一部は分流され、ラボラインに供給される。供給されたガスの流量は、オリフィス流量計で測定する。ラボラインの配管サイズ、ガス温度、ガス流量に対応できる流量計が市場に無かったため、自社で微小流量用オリフィス（四分円ノズル式）を開発した。図 2-8 にオリフィス流量計の外観を示す。分流されたバイオマスガスは、ガス昇温装置にて所定の温度まで昇温さ

れ、触媒反応器に供給される。触媒改質後のガスの流量も、オリフィス流量計にて測定する（反応前と反応後とのガス増率の確認のため）。流量計測後、反応後のガス成分をサンプリングするために所定量をさらに分流させ、冷却トラップにてタール成分（木酢液含む）とドライガスとに分ける。この時のドライガスの流量は体積流量計で測定する。その後、ガス採取口からサンプルバッグでドライガスを回収する。タールは、冷却トラップ管内に予め入れておいた溶媒（2-プロパノール）内を通気させて回収する。



図 2-7 ラボライン外観



図 2-8 オリフィス流量計

ラボライン反応器に装着する触媒は、当初、静岡大学で開発した Ni/Al₂O₃系プレート型触媒の大型化での対応を検討した。しかし開発期間の長期化が見通されたため、バイオマスタールの改質特性が良好で、比較的スケールアップし易い、Rh 系構造体触媒（ハニカム触媒）を試用することとした。Rh 系構造体触媒の外観を図 2-9、仕様を表 2-1 に示す。

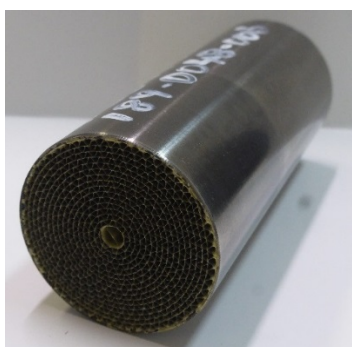


図 2-9 Rh 系構造体触媒の外観

表 2-1 Rh 系構造体触媒の仕様

項目	内容
構造体サイズ	Φ45mm x L110mm
セル密度	400 c. p. s. i.
触媒	Rh/Al ₂ O ₃
触媒量	Rh 担持量 160mg (担体込みで約 26000mg)

(2) ラボラインの改良

ラボラインの運転初期は、ガス昇温ヒーターを通過したガスの温度が所定の温度（800℃）まで昇温できなかった。反応器ヒーターの出力を増強（0.7kW から 3.5kW に変更）するとともに、熱交換器として燃焼合成ペレット（図 2-10）を触媒反応器の前段に入れることで問題解決を図った。



図 2-10 燃焼合成ペレット

(3) Rh 触媒性能評価

1) 評価試験手順

触媒の改質性能を評価するため、まず、触媒無しの試験に於いて、ドライガスの組成と流量、タールの含有量を定量した。次に触媒を実装して、同様の条件（表 2-2）で、ガスの組成と流量、タールの含有量を定量し、両者のデータ比較を行い触媒の評価を行った。

表 2-2 バイオマスガス改質試験の条件

分類	項目	内容
触媒反応条件	触媒反応温度 (°C)	700~750
	触媒	Rh/Al ₂ O ₃ 系
	原料ガス流量 (m ³ /h)	0.9 (Dry)
	S/C 比	0.9~1.2 (原料含水率に依存)
	ガス昇温ヒーター温度 (°C)	1100 (配管温度)

サンプルバッグで回収したドライガス（触媒改質・タールトラップ後のガス）は、ガスクロマトグラフ（TCD）にて定量した。回収したタールについて、静岡県工業技術研究所が重量の減少割合（タール改質率（%））の測定及びガスクロマトグラフ質量分析計（GC-MS）による定性分析（トータルイオンカレントクロマトグラム（TIC）上の主要なピークの比較）を行った。GC-MS は、本事業で静岡大学福原研究室に整備された島津製作所製 GCMS-QP2020 型（図 2-11）を使用した。分析条件は、多環芳香族炭化水素の分析例を参考に設定した。分析試料は、事前に各試料をアセトンで 50ppm に希釈することで調製した。分析後、トータルイオンカレントクロマトグラム（TIC）上の主要なピークについてライブラリー（NIST2014）で検索することで化合物を同定した。

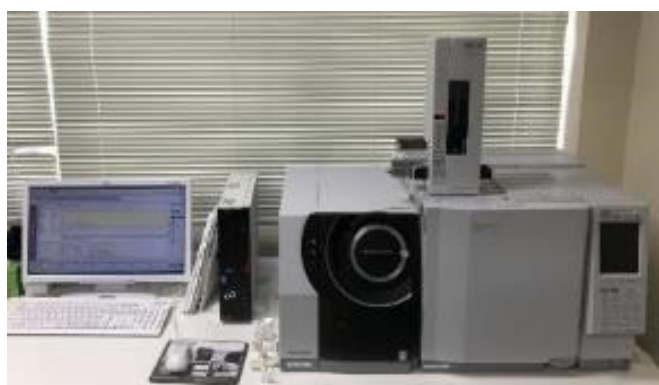


図 2-11 ガスクロマトグラフ質量分析計

2) 評価試験結果

①タール改質率・ドライガス増率

表 2-3 に、触媒無しの場合と、触媒有りの場合の、ガス中に含まれるタール量・ドライガス流量を示す。触媒無しの場合、タール量は 363g/m³であったが、触媒有りの場合は 2.66g/m³であった。これをタールの改質率（重量比）に換算すると、99.2%となった。また、ドライガスの流量は、触媒無しの場合が 0.9m³/h に対し、触媒有りの場合は 2.7m³/h となり、ガス増率は 3 倍となった。

表 2-3 触媒無しの場合のガス中のタール量と触媒有り場合のガス中のタール量

項目	触媒なし	触媒あり	変換率
ガス中のタール量 (g/Nm ³)	363	2.66	改質率 99.2wt%
ドライガス流量 (Nm ³ /h)	0.9	2.7	ガス増加率 3 倍

回収されたタールを GC-MS によって分析した結果を図 2-12 に示す。保持時間 44 分付近の希釈用溶媒由来のピークを基準にすると、改質前（上）に比べ改質後（下）では主要なピークの大部分が消失・減少していることが分かる。

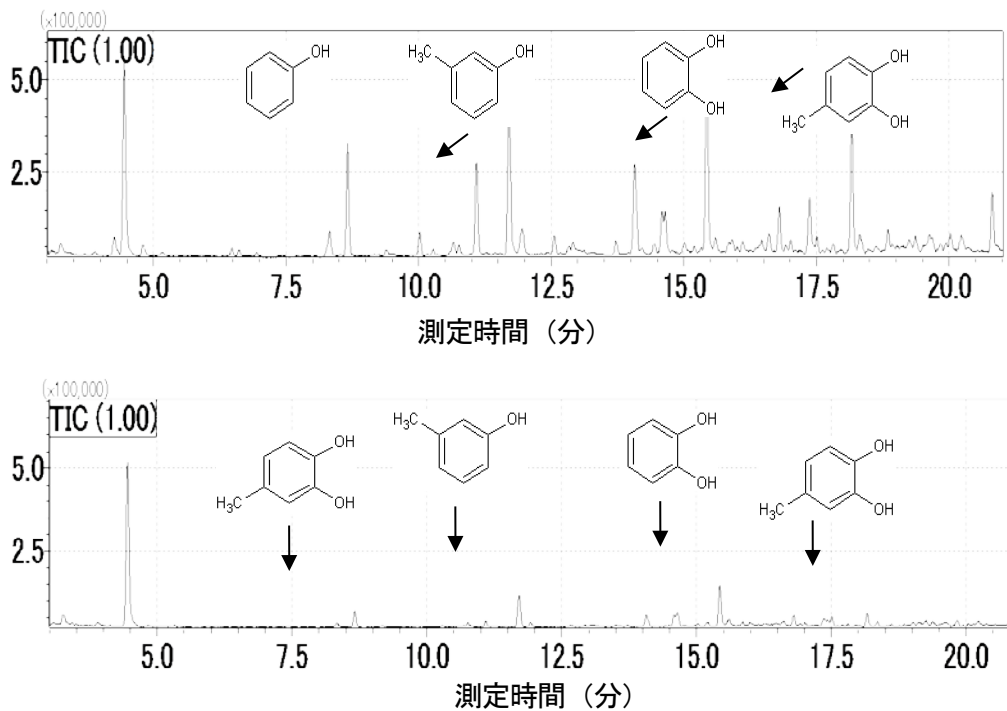


図 2-12 改質前後のタールのトータルイオンカレント (TIC) クロマトグラム
(上：触媒無し、下：触媒有り)

②ガス成分・熱量

表 2-4 に、触媒無しの場合と、触媒有りの場合のドライガス組成と低位発熱量を示す。触媒無しの場合のドライガスの発熱量は 17.4MJ/Nm³に対し、触媒有りの場合は 12.0MJ/Nm³であった。これは、触媒無しの場合は発熱量が高い成分（一酸化炭素とメタン、C_nH_m）の割合が多いことに対し、触媒有りの場合は発熱量が低い水素の割合が多く、発熱量の高い成分の割合が減少したためである。しかし、総合的に考えれば、触媒によってタールが改質されたために、ガス増率が 3 倍になり、総発熱量は 2.07 倍になった。実用レベルでバイオマスガス化発電の効率化を図る上で触媒改質が重要な要素技術となることが検証できた。

表 2-4 改質無しの場合中のタール量と改質後ガス中の組成と低位発熱量

ガス サンプル	ドライガス組成 [vol. %]							低位発熱量 (MJ/Nm ³) ※3
	H ₂	CO	N ₂	CH ₄	CO ₂	O ₂	C _n H _m	
触媒無し	6.8	44.8	2.8	13.7	21.6	0.7	9.5	17.4
触媒有り	44.9	33.6	2.4	7.0	10.8	0.7	0.7	12.0

※3 ドライガス 1m³当たりの発熱量 (C_nH_mをエタンと仮定して試算)

2-2 高効率・小型バイオマスガス化発電システムの開発

2-2-1 高速・高効率ガス化炉の開発

(1) 開発したガス化炉（パドル式ガス化炉）の構造

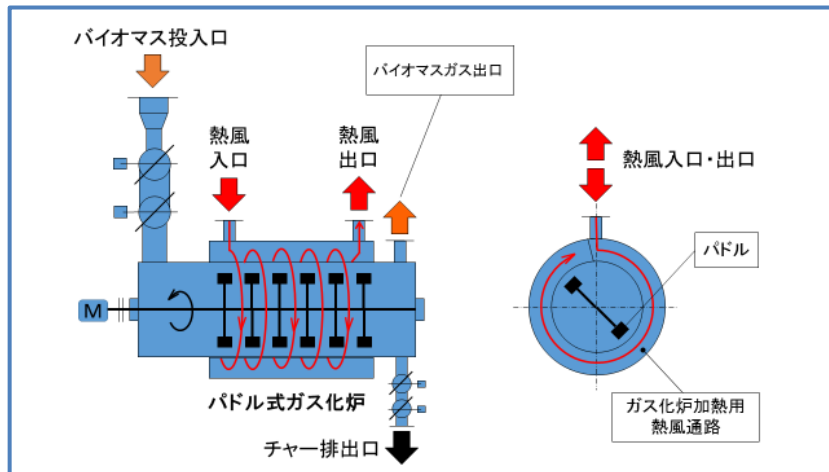


図 2-13 パドル式ガス化炉構造図



写真 2-1 パドル式ガス化炉



写真 2-2 パドル

図2-13、写真2-1、写真2-2は、それぞれ本事業で開発したガス化炉の構造図、ガス化炉の外観、炉内に収められているパドルの写真を示す。間接加熱式のガス化炉は、併設されたバーナーの高温熱風を炉内の外周に取り入れ、回転させながら炉内温度を600℃～650℃に加熱する。投入口に投入されたバイオマスは、2段シャッターを経て炉内へ送り込まれる。この時炉内へ侵入する空気の量は発生ガス量の1～2%程度で、N₂希釈によるガスエネルギーの低下は無視できる範囲である。炉内のバイオマスはパドルで攪拌されながら、炉内650℃の雰囲気下で乾燥工程及びガス化工程を経て、機外へ炭（炭化

物、チャー）として排出され、チャーバーナーの燃料として使われる（図1-1参照）。

(2) 高速ガス化炉

図2-14は、含水率25%の木質チップを1kg/minで炉内温度650℃にてガス化した時の、パドル回転速度と乾燥時間・ガス化時間の関係を示す。ガス化に要する時間は、パドル回転速度が60rpmの場合、乾燥時間は14秒、ガス化時間は59秒、合計73秒だった。バイオマスがガス化炉を通過する時間は180秒であり、高含水率のバイオマスでも余裕をもってガス化ができることが判明した。また、パドル回転速度を上げると、ガス化速度が上がり、ガス化時間が15rpmに比べて25%短縮できることが判明した。これによりパドル式ガス化炉は、想定していたガス化炉容積よりも大幅に小型化できることが分かった。

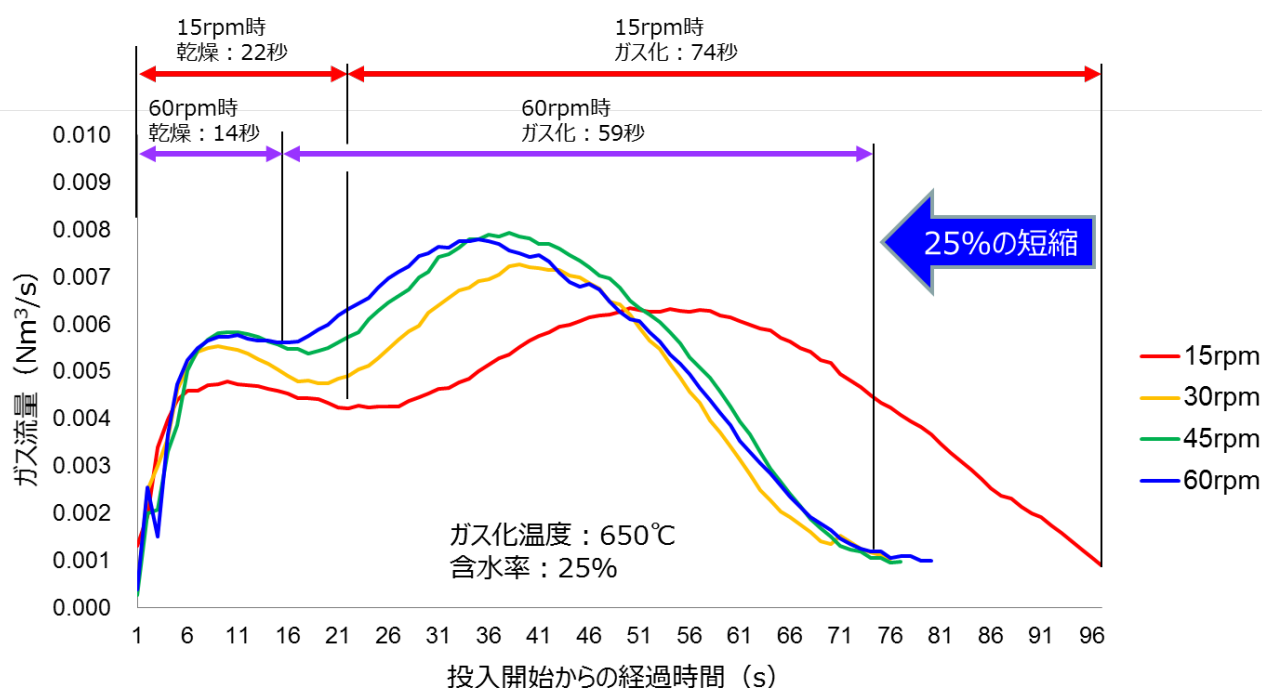


図 2-14 パドル回転速度と乾燥時間・ガス化時間の関係

ガス化炉内におけるバイオマスの高速ガス化の推移を図2-15に示す。ガス化炉に毎分1kgで投入された木質チップは、180秒間でガス化を終えて、バイオガスと固形物のチャーとして炉外に排出される。乾燥後の固形物容積は計算上約15ℓになり、ガス化炉の有効容積250ℓに比べて非常に少ない。ガス化炉の攪拌性能を維持するために充填率は設計上有効容積の50%以下としており、今後のガス化炉の設計で大幅な小型化が可能である。

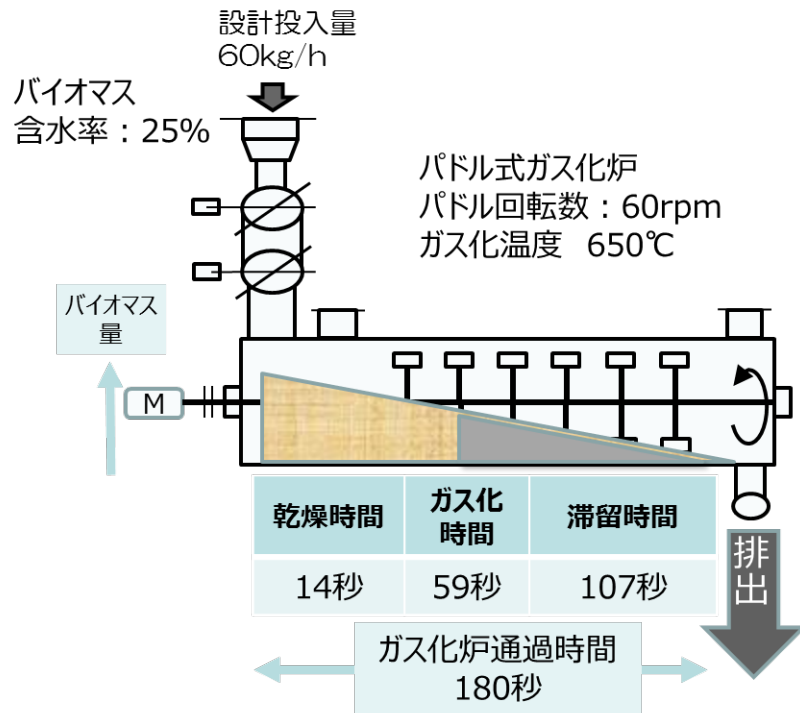


図 2-15 ガス化炉内部のバイオマスの乾燥・ガス化の推移

(3) 高効率・低コストガス化炉

本事業で確認できたパドル式ガス化炉の特徴は、海外メーカー製のガス化炉（ダウンドラフト）に比べて発生ガス熱量が大きいことである。表2-5に示す通り、本事業のガス熱量が17.2MJ/Nm³に対して、代表的な海外メーカー製のバイオガスの熱量は半分以下の5.9MJ/Nm³である。これはパドル式ガス化炉が間接加熱式のためガス化炉に侵入する空気が極めて少量であることに対して、海外メーカーのA社製のガス化炉は炉内に空気を吹き込みバイオマスの一部を燃焼させる（いわゆる直接加熱式）のため、ガスが消費されるとともに窒素希釈されるためである。

表 2-5 本事業と海外メーカー製の生成ガス成分比とガス熱量の比較表

バイオマスガス	H ₂ %	CO %	N ₂ %	CH ₄ %	CO ₂ %	O ₂ %	C ₂ H ₆ %	C ₂ H ₄ %	C ₃ H ₈ %	熱量 MJ/Nm ³
本事業 (間接加熱式)	16.3	41.0	1.3	17.4	16.2	0.3	1.4	3.5	1.1	17.2
海外メーカー製 (直接加熱式)	17.0	25.0	45.0	2.5	8.0	0	0	0	0	5.9

代表的な海外メーカーのひとつであるA社を例にとると、A社はこのような成分のガスで定格電力を発電するために、大排気量のエンジンを採用して馬力確保を図っている。本事業の排気量と定格出力は4500cc/50kWに対し、A社は倍以上の10000cc/45kWである。このことからパドル式ガス化炉は、ガス化で得られるガス熱量が大きいいため、エンジンコストを下げるができる。

(4) ガス化炉加熱効率の課題

本事業を遂行する上で主要な技術的問題の一つは、ガス化炉を加熱する熱量の内70%以上が放熱もしく排熱され、加熱効率を著しく低下させていることだった。この問題を解決すべく「ガス化炉と熱風発生炉の一体化」に取り組んだ。具体的にはガス化炉と熱風炉の一体化により、放熱面積の縮小、配管等の不要化・短縮化、更に熱風炉の輻射熱をガス化炉に取り込むことにより加熱効率向上を図る。図2-16はガス化炉・熱風炉の一体化フロー図、写真2-3は一体化による効果を検証するために試作したテスト装置を示す。

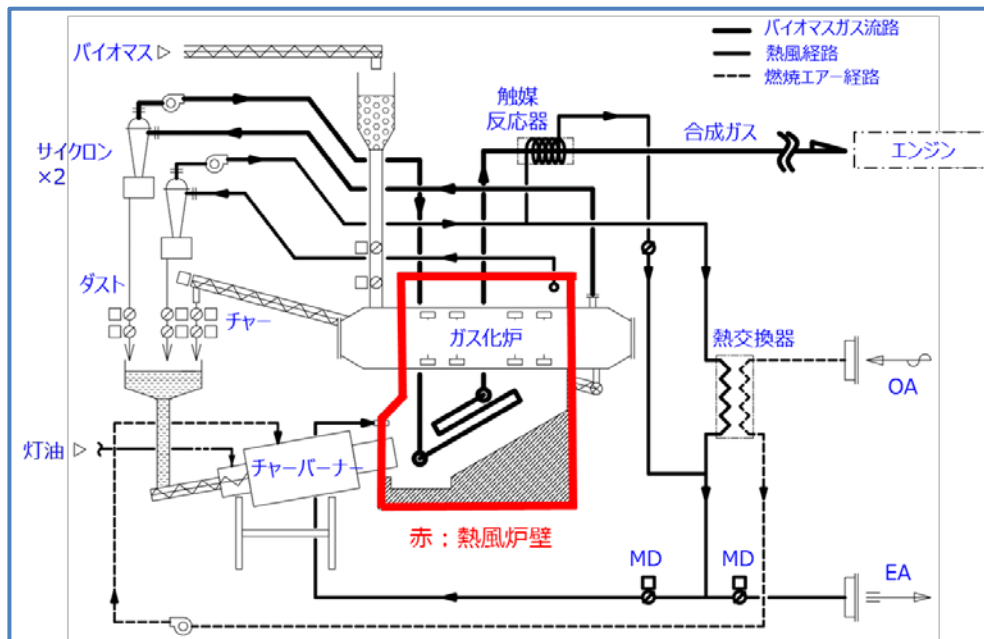


図2-16 ガス化炉・熱風炉一体化フロー図



写真2-3 一体化ガス化炉テスト装置

写真 2-4 は、本事業で開発したチャーバーナーである。チャーバーナーは、ガス化炉から副生成物として排出されるチャーを燃料として、ガス化炉を加熱する装置である。バーナー着火時の熱量は、灯油と併用して 837MJ、所定の温度に達するとチャーのみの運転となり熱量は 419MJ となる。50kW 発電の場合、バイオマス を 60kg/h で投入し、ガス化の過程を経て 35Nm³/h のバイオガスと、14kg/h のチャーが生成された。チャーの熱量は 461MJ となりバーナー必要熱量 (419MJ) とバランスの取れた状態で運転ができる。



写真 2-4 チャーバーナー

2-2-2 バイオマスガス化発電システムの開発

本事業で開発したバイオマスガス化発電システムは、大きく分けると、「バイオマスガス化システム」と「バイオマスガス発電システム」に分かれる。以下、それぞれのシステムについて述べる。

(1) バイオマスガス化システム

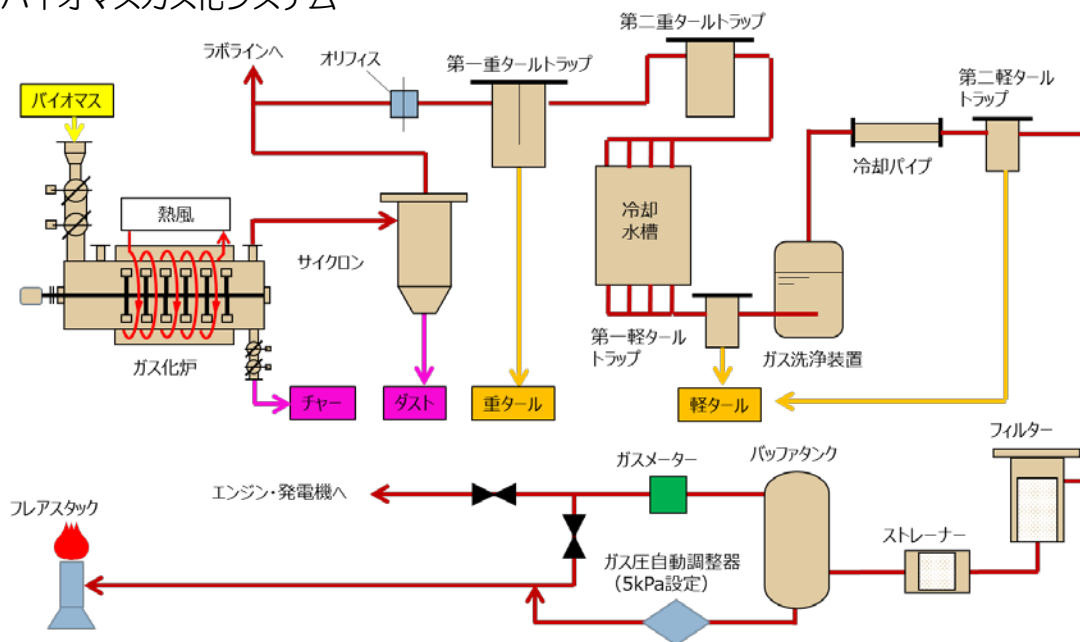


図 2-17 バイオマスガス化システム概要

バイオマスガス化システムの概要を図 2-17 に示す。ガス化炉で発生したガスは、現状では、重ターレットラップ、冷却水槽、ガス洗浄器、軽ターレットラップでタールが除去され、40℃まで冷却された後、5kPa にガスの圧力を調整して、ガスエンジンへ送られる。実用レベルの触媒の開発に時間が掛かっているために、現在のガス化システムは、前述のタール除去装置を装備して大きなスペースを占めている（写真 2-5）。触媒完成後は、前述の装置や配管の大部分が不要となり、システム全体をコンテナ状のユニットに収める計画である。

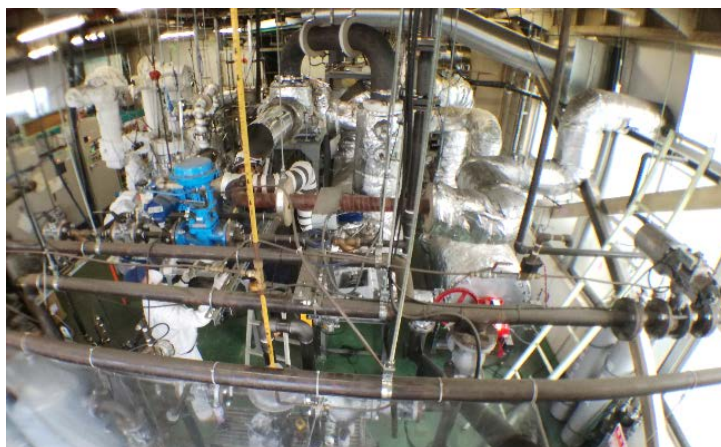


写真 2-5 バイオマスガス化システム全景

(2) バイオマスガス発電システム

本事業で開発した発電システムは、ガス化システムから送られてきた流量が約 35Nm³/h のバイオマスガスを燃料としてエンジンを駆動し、エンジンに連結された発電機で定格出力 50kW を発電する。写真 2-6 は発電モニターを示す。エンジンはメンテナンス性やコスト面を考慮して、国産の 6 気筒 4,500 cc ガスエンジンを採用し、バイオマスガスに適合するように改造した。また、発電機は、50Hz 地域でも 60Hz 地域と同様に 50kW 発電ができるようにインバーター方式とした。写真 2-7 はバイオマスガスエンジンと発電機の外観を示す。



写真 2-6 発電モニター



写真 2-7 バイオマスガスエンジン・発電機

2-3 多種バイオマス対応型パドル式ガス化炉の開発

2-3-1 多種バイオマスに対応したガス化システムの開発

(1) バイオマス原料について

図 2-18 は、川下業界においてバイオマスガス化発電の燃料として利用要望の多い代表的なバイオマス 7 種を示す。静岡県工業技術研究所において熱量と組成分析を行い、燃料としての適性を確認した。バイオマスによって熱量の大小、ガス化に不適切とされる硫黄やシリカ、アルカリ金属等が灰分に含まれるものの、本事業で開発したパドル式ガス化炉においては、ガス化発電の燃料として使用できる可能性を確認した。現在市販されている多くの小型バイオマスガス化発電装置では、使用する燃料を、例えば「含水率 15%以下、サイズが 50mm 以下の木質チップ」と限定している。



原料名	発熱量 MJ/kg	灰分 %
コーヒー粕	22.9	1.5
やし殻	20.6	2.7
木質チップ	20.2	1.0
竹チップ	19.6	1.5
廃菌床舞茸	17.9	3.0
廃菌床しめじ	17.3	7.3
もみから	16.3	17.1

図 2-18 各種バイオマスの外観、熱量、灰分（静岡県工業技術研究所分析）

(2) 多種バイオマス連続投入装置の開発

写真 2-8 は本事業で開発したバイオマス連続投入装置である。この装置を開発することによって技術的課題であった、装置内のガス圧 30kPa の気密を保持しながらバイオマスが投入できること、不定形で安定投入が困難なバイオマス（破碎チップ・竹チップ・廃菌床マイタケ・廃菌床シメジ）も安定して連続投入ができること、タール等で制御系のセンサーが誤作動を起こさないことの課題が解決した。また、この過程で開発したバイオマスの流れを阻害するブリッジ防止機構を特許出願した。図 2-19、表 2-6 は、この連続投入装置において各種バイオマスの投入量の経時変化を計測した結果である。いずれのバイオマスにおいても、ばらつきは問題ない範囲にあり、安定してバイオマスをガス化炉に投入することが可能となった。



写真 2-8 連続投入装置

表 2-6 投入量目標 1kg/min での各種バイオマス試験結果

	平均 (kg/min)	標準偏差 (kg/min)
破碎チップ	1.01	0.122
廃菌床 (マイタケ)	1.16	0.055
廃菌床 (シメジ)	1.10	0.134
竹チップ	0.98	0.111

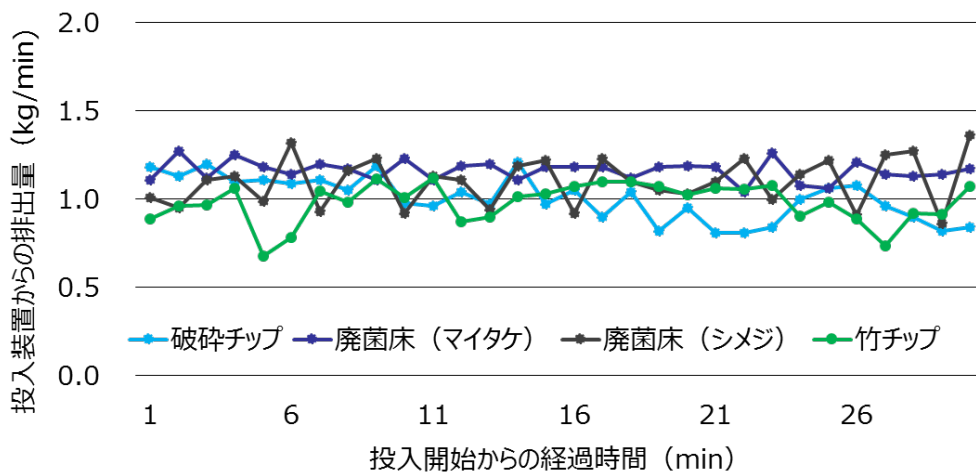


図 2-19 投入量目標 1kg/min での各種バイオマス試験結果

(3) 多種バイオマスのガス化

図 2-20、図 2-21、図 2-22 は、多種バイオマスの 50kW ガス化発電試験結果の 3 例を示す。温水温度は 70℃を超えると冷却機能が働いたため、温水熱量グラフが上下動した。発電率は各バイオマスの熱量に比例して発電率も高くなり、粃殻は 0.52kW/kg-bio、竹チップは 0.67kW/kg-bio、木質チップは 0.83kW/kg-bio であった。

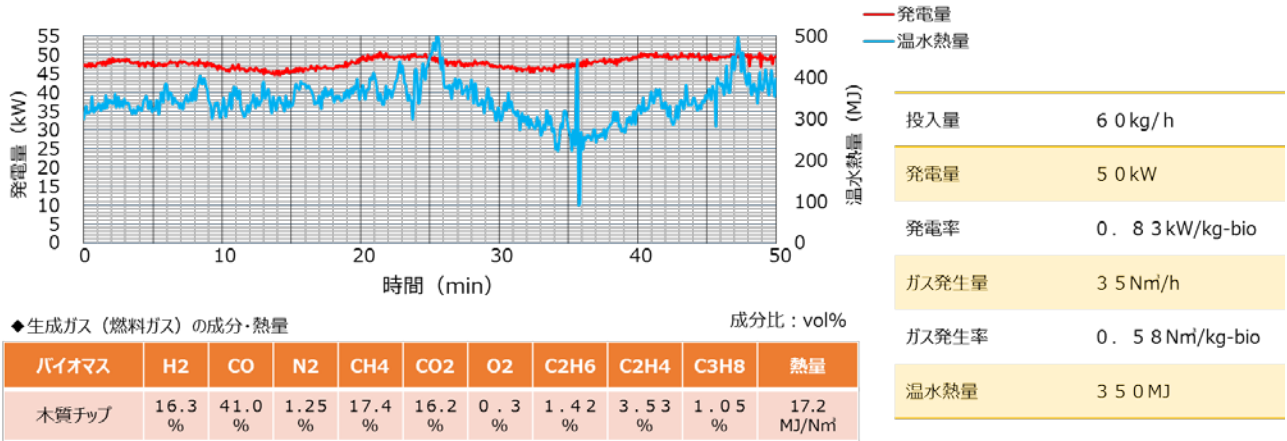


図 2-20 木質チップ 50kW ガス化発電試験

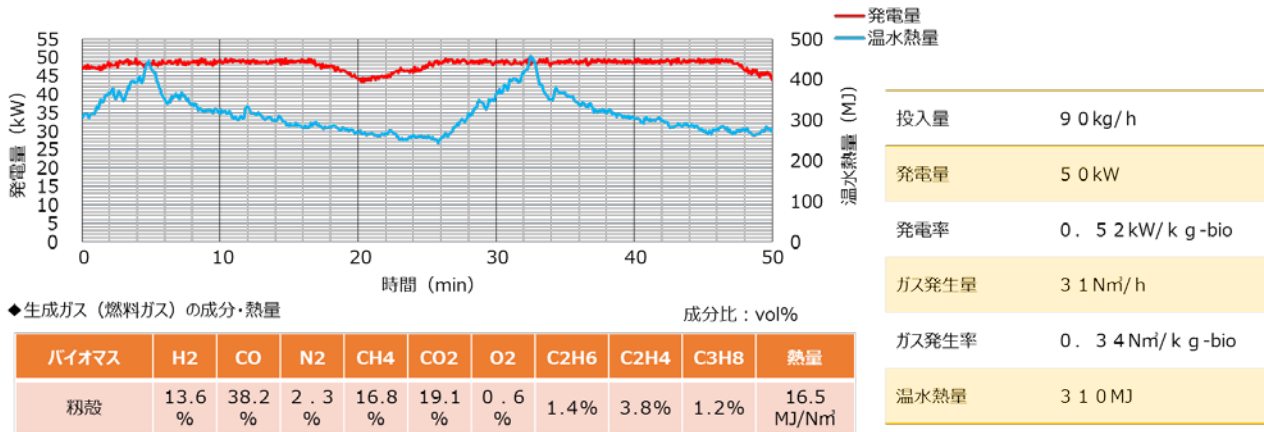


図 2-21 籾殻 50kW ガス化発電試験結果

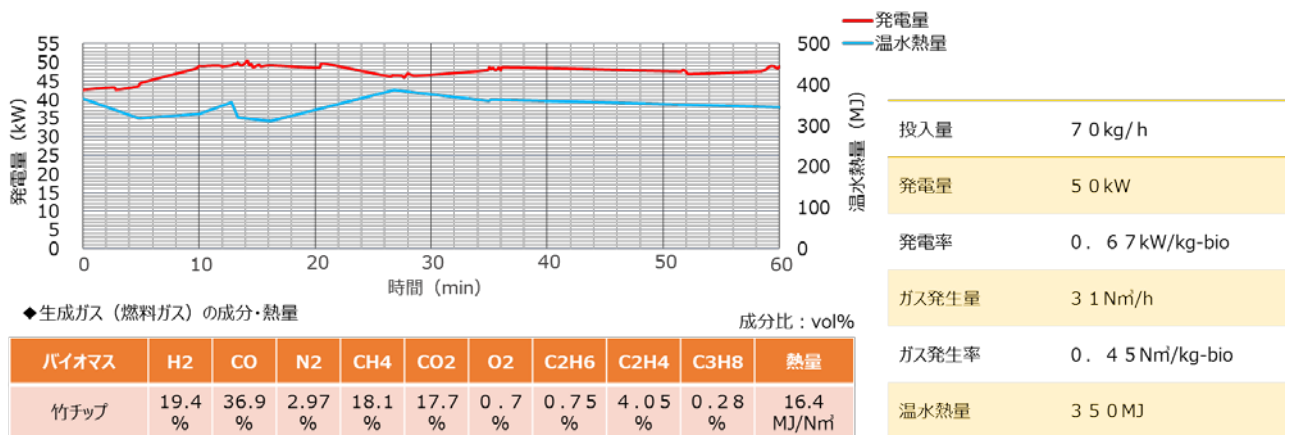


図 2-22 竹チップ 50kW ガス化発電試験結果

第3章 全体総括

・触媒に関して

当システムに向けて静岡大学にてNi触媒を開発した。模擬タールによる触媒の改質評価方法を確立し、触媒の耐久性を1年目に4時間、2年目に50時間、3年目に200時間と着実に伸ばした。また、早期に事業化することを考慮し、Ni触媒と並行してRh触媒を試験プラント内に組み込んでテストを進めた。ガス化プラントの中にバイオガスの一部を分流してガスの組成や流量を分析する装置を開発した。触媒の改質特性を明らかにするために、静岡県工業技術研究所がバイオガスに含まれるタールの分析方法を確立した。

・ガス化発電ユニットに関して

静岡製機㈱に、バイオマスの連続投入装置、ガス化炉、加熱炉、タールトラップ、エンジン、発電機などで構成されるガス化発電ユニットを設置した。パドル式ガス化炉を用いて、バイオマスをガス化することにより、50kW発電を可能とする流量と熱量をもつバイオガスを生成した。得られたバイオガスは、窒素を含まず高い熱量をもち、エンジンの排気量を抑えることができ、製品コストやメンテナンスコストの低減につながる。木質チップ、籾殻、竹チップなど多種バイオマスに対して、問題なくガス化発電できる可能性を確認した。

今後、事業化に向けた取り組みを促進させる。触媒の開発は一朝一夕には進まないが、外部の協力も得ながら継続していく。ガス化炉、ガス化発電ユニットは、加熱炉とガス化炉を一体化した装置を完成させ、小型・高効率のコンテナ型ユニットに仕上げる。また、2020年度に50kWの実証機を仕立てて、2021年度に近隣での実証試験を実施する計画である。