



図 11 ガス化炉の自動制御部

### ②熱風の攪拌

スターリングエンジンは、受熱部の受ける電熱面積と流速が大きいほど、稼働量が向上する。このため、燃焼炉と起電炉の間に、ファンとノズルを設置し、熱風を攪拌する方式としている。これにより、800度の熱風が個々のエンジンに流速を上げて当たることで、エンジンの熱吸収量が上がり、エンジンの稼働量が向上する。



図 12 攪拌用のファン

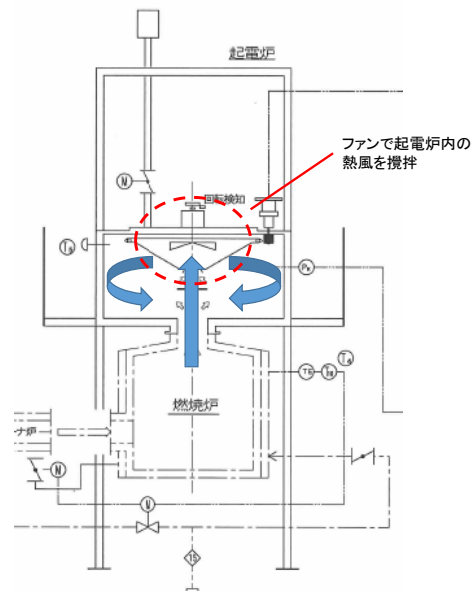


図 13 起電炉のファンによる熱風の攪拌イメージ

### ③スターリングエンジン発電制御システム

複数台数のスターリングエンジンを制御し、最適な出力を得るため、個々のエンジンを、発電制御システムを用いて監視し、エンジンの負荷を自動制御する。本実証機では、

プロマテリアルと共同研究を行っている芝浦工業大学・パワーエレクトロニクス研究室で開発されたエンジン制御システムを用いて、エンジンの自動制御を行う。

スターリングエンジンは、温度帯が違う中で稼動する場合には、電圧が変化するため、複数台数を設置する本実証機では、エンジンの負荷を個別に制御する必要がある。本実証機のエンジン制御システムでは、これまでのプロマテリアルと同研究室との共同研究で収集したデータを基に、エンジンの負荷と振動をプログラミングして、安定的な稼動領域を定めている。これにより、エンジンの稼動と負荷が安定稼動の規定値内で収まるように制御を行う。

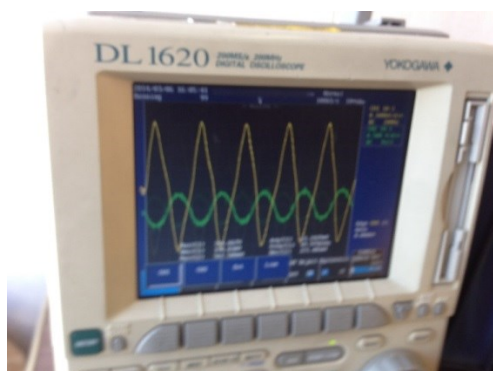


図 14 スターリングエンジン

発電制御システムのモニター



図 15 スターリングエンジン

発電制御システムの実験風景

## 2-6. 燃焼実験

ガス化炉についての動作確認を、以下の日程で行った。

場所：株式会社キンセイ産業工場

日程：2013年12月26～27日、2014年1月6～7日



図 16 ガス化炉の稼動試験

木質バイオマスを約 200kg 投入し、以下についての稼動確認を行った。

- ・ガス化炉へ点火後約 20 分でバーナー炉が乾留ガスのみで自燃開始。
- ・バーナー炉内温度 840℃で安定。

## 2-7. 試運転の実施

### (1) 検証の目的

本実証機の組立を行う株式会社正英製作所・法隆寺センターにおいて、以下についての検証及び調整を行った。

- ア)ガス化炉とスターリングエンジンを組み合わせた発電システムの最適化
- イ)乾留ガスの安定的抽出
- ウ)燃焼の安定性
- エ)スターリングエンジンヘッド温度の均一化

### (2) 試運転内容

期間：2014年2月20日～24日

場所：正英製作所・法隆寺センター



図 17 正英製作所内での試運転稼働の風景



図 18 正英製作所内での試運転における、発電状況の確認状況

## 2-8. 実証試験

### (1) 検証の目的

神奈川県山北町の廃校となった共和小学校の校庭に設置し、ユーザーとなる地元 NPO 法人足柄杣人の会の協力を得て、実証稼働を行った。ただし、現時点では実証機の安定稼働のための調整を継続している段階のため、本実証事業期間内に取得できたデータが限られている。このため、引き続きデータの取得を継続していく。

### (2) 試運転内容

期間：2014年3月4日～3月7日（本事業終了後も継続して稼働予定）

場所：神奈川県山北町 共和小学校跡地校庭

### (3) 機器に関する検証項目

- ①乾留ガス化炉      ②燃焼炉      ③エンジン加熱部      ④エンジン部
- ⑤エンジン制御      ⑥排ガス      ⑦排熱利用      ⑧エネルギーバランス

表 3 主な検証項目のまとめ

No	内容	検出部
1	温度	ガス化炉、燃焼炉、冷却水(IN/OUT)、外気温(℃)
2	電力	RDF、FDF、SE×10、買電(Wh)
3	流量	FDF、RDF のガス流量(Nm <sup>3</sup> /h)、水量(L/h)
4	O <sub>2</sub> 等	煙突(%、ppm)

5	含水率	投入原料(%)
6	投入量	バイオマス重量(kg)
7	振動計	μm
8	運転員	人

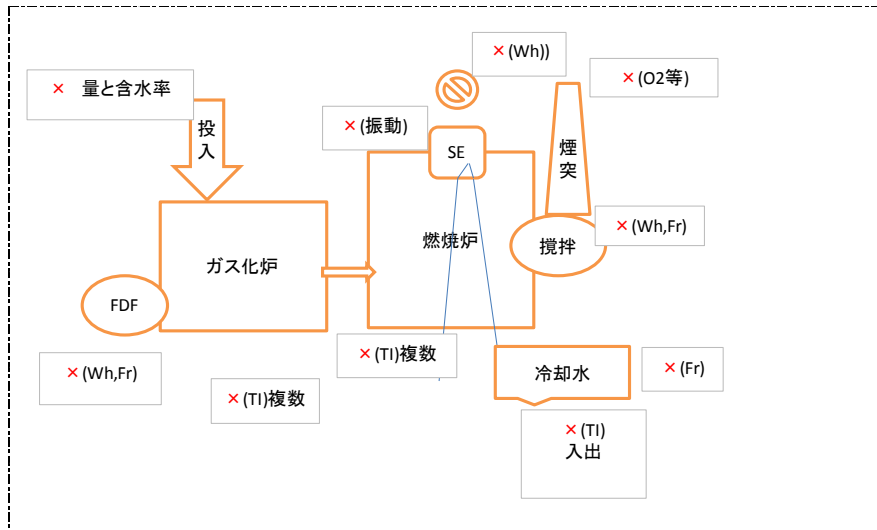


図 19 本実証機のシステム構成と検証ポイント

具体的な検証方法については、以下の通りである。今後、これらについての詳細なデータ取得を行う。

表 4 検証方法

システム区分	調査項目	方法	規格、条件など
(1)乾留ガス化炉	(1)乾留ガス化が可能なバイオマス燃料の調査 (1-1)水分含有率 助燃燃料量	含水率計	水分含有率が高いとガス化効率が低下する。実用的な含水率の限界を追求する必要がある。 また、助燃面量の分析値と計測値をとること。
	(1-2)形態	目視	燃料のガス化炉への投入の難易度、運搬搬送上の課題、ストック上の制約など。
	(1-3)乾燥手法	目視	水分含有率の高いバイオマス燃料の乾燥技術の確立
	(2)乾留ガス化炉の性能、規模、安全性 (2-1)SE 規模とガス化炉規模のマッチング	考察	エンジン側から見た所用発熱量(乾留ガス量)とガス化炉からの安定供給可能ガス量とのマッチングが必要。
	(2-2)バイオマス投入量とガス発生量	重量計測	
	(2-3)連続安定ガス量の確認 点火から安定ガス発生までの所要時間とそのばらつきの調査	目視	バッファーとなるガスタンクを有しない場合はガス発生量の変化により、発電量が大きく影響を受ける。ガス量が少なくなった場合、エンジン停止に至る場合がある。また、エンジン始動のタイミングがばらつき、安定した運転に支障をきたす場合がある。
	(2-4)時系列での発生ガス量、発熱量、成分の確認	試験室	エンジン始動のタイミング、発電量のばらつきを試作時に把握し、対処する必要がある。
	(2-5)ガス発生炉内温度 外郭表面温度の確認	ロガー	最適ガス化状態の確立作業安全面での配慮
	(2-6)異常なガス爆発などが生じないシステム構成	考察	メイン成分がCOであるため、漏洩によるガス中毒が起こらないような、システム構成、建屋構造を迫及すること。 また、炉内での異常ガス爆発が起こらない構造を迫及すること。
	(2-7)燃焼制御部		操作手順とおりの操作で問題がないこと
(2)燃焼炉	(1)異常ガス爆発対策		異常ガス爆発が起こらない構造の迫及
	(2)火炎の安定度	考察	発電の安定度に影響
	(3)火炎流速の把握	目視	発電量に影響。火炎流速は早い方がよい
	(4)各部の温度	ロガー	発電量に影響、耐火物の寿命に影響
(3)エンジン加熱部	(1)ガス流量、流量変化	ロガー	発電量、発電の安定度に影響
	(2)複数エンジンへの熱配分	ロガー	バランスが崩れるとシステムとして不安定となる。

システム区分	調査項目	方法	規格、条件など
	(3)エンジン加熱ヘッド周辺の温度 周辺ヘッド温度のばらつき の極小化	ロガー	エンジン周辺火炎温度:600~900°C エンジンヘッド温度:max450°C:エンジン付属熱電対使用 エンジンヘッド温度ばらつき:50°C以下:50°C 以上の場合は均一化対策が必要
	(4)各部の温度確認	ロガー	安全面からの外郭温度の確認と対策 エンジンと加熱部接合部のクッション性耐熱材の検討
	(5)火炎(熱風)漏洩	ロガー	エンジンと加熱部接合部からの漏洩対策
(4)エンジン部	(1)冷却水流量	ロガー	7L/min 以上
	(2)冷却水温度	ロガー	IN:30°C 以下 OUT:45°C 以下
	(3)水漏れ	目視	長期の稼働での水漏れなき構造の追及
	(4)給水管へのエンジン振動防止	振動計	騒音低減
	(5)エンジン吊り下げ構造	目視	エンジン寿命、騒音対策
(5)エンジン制御	(1)エンジン始動	考察	エンジン始動のタイミング 複数エンジンの同時始動対策
	(2)発電量のばらつき	ロガー	個々のエンジンに発電用電力計を設置しデータロガーで記録する
	(3)制御盤機能	考察	連続稼働、始動、運転停止などの操作に問題がないこと
	(4)ダミーロード	ロガー	各ダミーロードの電力消費、タイムチャートの作成 ダミーロードの最適化
	(5)発電効率	ロガー	投入エネルギーに対する発電量の比率計測と改善方策の策定
	(6)発電電力の利用	考察	バッテリー充電、インバータ機能、負荷変動に対する追従など
	(7)発電電力の統合化	考察	発電電力の統合化検討(逆潮流防止系統連係方式として)
	(8)系統連係	考察	売電を可能にする系統連係方式の確立
(6)排ガス	排ガス分析、灰計測	手分析	排ガス分析とクリーン化、灰の量と性状調査
(7)排熱利用	コージェネシステムの追求	考察	温水の有効利用による総合熱効率の改善:目標 85~90%
(8)エネルギーバランス	熱フローの作成	考察	熱フロー図の作成と今後の改善の方向性の明確化

#### (4) 稼動に関する検証項目

上記の技術的な検証に加え、ユーザーの側からの検証を行うため、下記についても検証した。

発電した電気については、当面は敷地内の照明板を灯すことに用いている。

- 設置及び燃料保管に必要な面積、施設
- 設置にかかった期間
- 燃料投入プロセス
- 発電した電気の使用
- 燃料投入や機器の稼働にかかる人員の負荷状況
- 燃料投入間隔
- 必要なメンテナンスの特定



図 20 山北町の実証稼動風景



図 21 発電した電気は、照明板で電球を灯して、各エンジンの出力を視覚化している



図 22 設置場所の周辺地図  
(出所：Google Map)

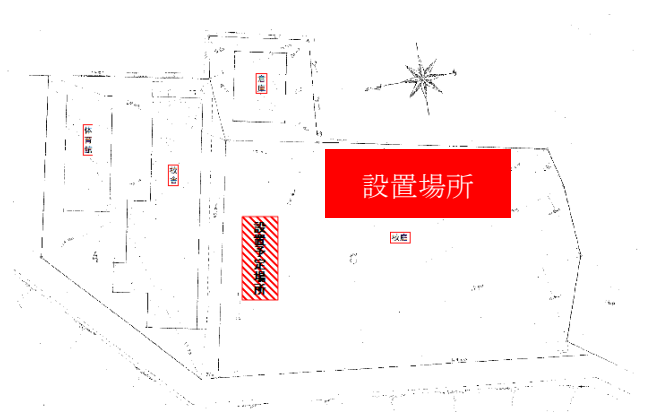


図 23 設置場所図面