

【事業名】バイオマス／廃棄物利用・高温空気タービン発電システムの開発

【代表者】一般財団法人エネルギー総合工学研究所（氏名）小野崎 正樹

【実施予定年度】平成25～27年度

(1)技術開発概要

①【技術開発の概要・目的】

バイオマス発電・廃棄物発電においては、小規模な収集拠点への発電設備導入が課題となっていることから、小規模でも高効率、低コストで、高信頼性を備えた発電技術として、高温空気タービン発電システムを開発する。

ガス軸受式・永久磁石発電機直結の高速タービン発電ユニットと、新開発の流路を形成した大面積プレート式熱交換器を備えた20kW級発電システムを製作し、木質バイオマスを燃料として、発電効率20%、連続運転時間50時間を達成する。

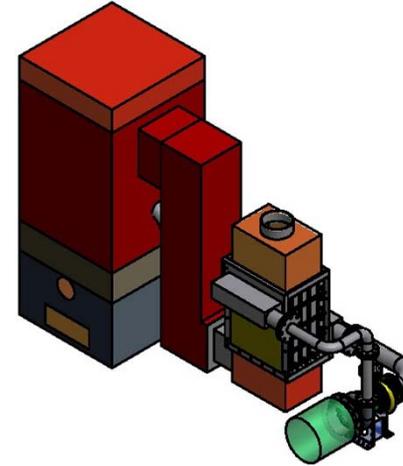
②【高温空気タービンの特徴】

- i 高速タービンと再生サイクルの効果で小規模(50kW以下)でも高効率発電を達成。
- ii (蒸気タービン方式等に比べ機器構成が簡素で)コンパクト化と低コスト化が可能。
- iii 更に(タービン、熱交等に経済性重視の設計を採用し、徹底的低コスト化を追求。
- iv 外部燃焼方式であり、あらゆる燃料を利用できる。
- v 以上から、コンパクト、低コスト、及び高効率発電も備えた小規模バイオマス利用発電技術が可能となり、適用が遅れている地産地消型小規模発電向けに期待できる。

③【技術開発の詳細】

- i サイクル設計  
木質バイオマスおよび一般廃棄物を燃料とする実用機(50kW級)のサイクル設計を完了する。
- ii タービン発電機の開発  
20kW級試験機を発電システムに組み込み、木質バイオマス燃料で運転し、連続運転時間50時間以上を達成する。
- iii 熱交換器の開発  
熱交換器を発電システムに組み込み、温度効率80%以上を達成する。
- iv 焼却炉の設計・製作  
20kW級バイオマス焼却炉の設計・製作を行い、バイオマス発電試験システムに組み込み、システム全体の性能を達成する。
- v 運転試験  
20kW級バイオマス発電試験システムにおいて、発電効率20%以上、連続運転50時間以上を達成する。
- vi 実用プラントの評価  
実用プラントの展開方法を立案する。

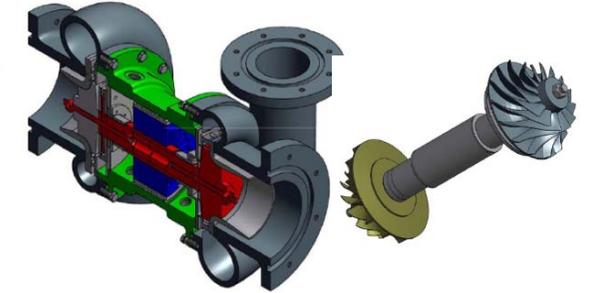
③【システム構成】



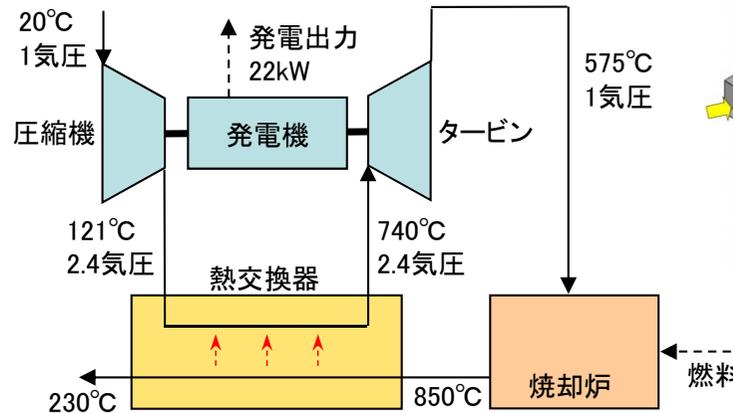
発電システム概略図



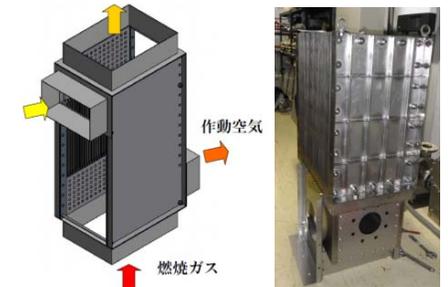
タービン動翼・ノズル



タービン発電機



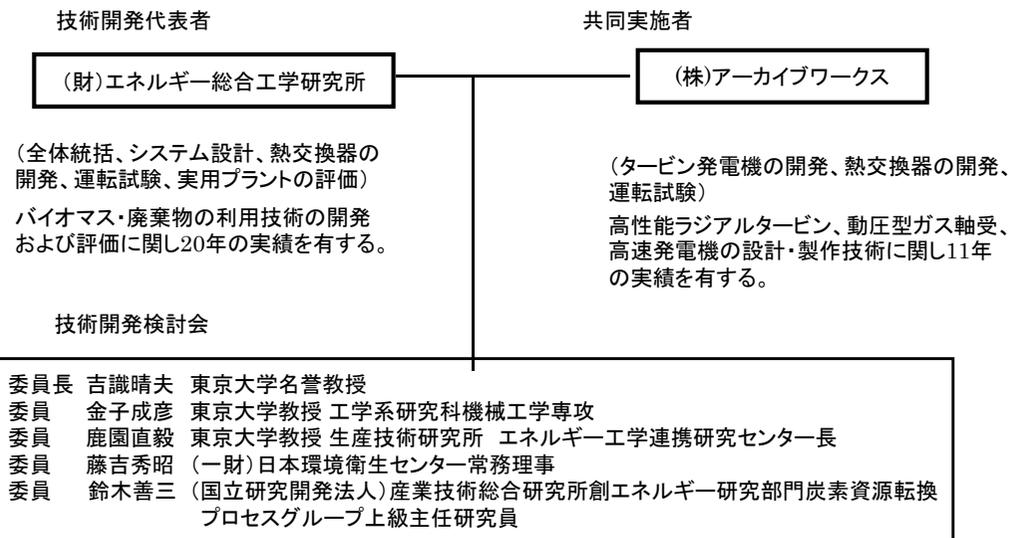
発電システムフロー  
(数値は計画値)



熱交換器(プレート式)

## (2)技術開発計画

### ①【実施体制】



### ②【実施スケジュール】

	H25年度	H26年度	H27年度
1. システム設計	20kW試験機設計 3,065	50kW機設計 3,085	5,310
2. タービン発電機 の開発	20kW試験機設計・製作 36,848	可変機構付き20kW機製作 36,918	50kW実用機設計 10,750
3. 熱交換器の開発	20kW試験機設計・製作 31,848	コーティング付き 20kW機製作 25,568	50kW実用機設計 6,833
4. 発電試験	試験システム設計 8,315	試験システム製作・運転 バイオマス燃料システム設計 29,385	バイオマス燃焼炉・システム製作・運転 17,377
5. 実用プラントの評価	発電プラント設置条件調査 4,548	実用プラントの経済性評価 4,568	実用プラント展開方策検討 2,411
一般管理費	12,693	14,928	6,402
合計	97,318	114,453	49,083

### ③【目標設定】

- 最終的な目標:  
 仕様: 木質バイオマス利用、発電出力20kW  
 タービン入口温度740℃、タービン回転数6.8万rpm  
 性能: 発電効率20%以上、連続運転50時間以上  
 タービン効率80%以上、発電機効率92%以上、  
 熱交換器温度効率80%以上、同圧力損失率3%以下  
 1台当たりのCO<sub>2</sub>削減量: 218t/年

### ④【事業化・普及の見込み】

- 事業化計画
- ・2016年度 長期運転試験により、耐久性、信頼性を検証。量産機的设计・試作。生産体制、メンテナンス体制の構築。
  - ・2017年度 販売開始  
量産化に際しては、基幹部品のみを自社生産し、他を外注生産とすることも検討。販売体制としては、商社を活用。

### ○事業展開における普及の見込み(～2030年)

実用化段階コスト目標: 実用初期70万円/kW～成熟期28万円/kW  
 実用化段階単価償却年: 8年程度(間伐材、0.8万円/t)、9年程度(原木市場廃材)

年度	2017	2020	2025	2030
目標販売台数 (台、50kW機換算)	50	500	800	1000
目標販売価格 (万円/台、50kW機)	3,500 (70万円/kW)	1,750 (35万円/kW)	1,500 (30万円/kW)	1,400 (28万円/kW)
累積導入台数 (台、50kW機換算)	50	1000	4500	9000
CO <sub>2</sub> 削減量 (万t-CO <sub>2</sub> /年)	1	22	98	196

### (3)技術開発成果

#### ①【これまでの成果】

- ・タービン発電機、熱交換器、及び焼却炉を組み入れた20kWの試験機(実用機の2分の1規模)を製作し、試験を行った。
- ・焼却炉とタービン発電機の時定数の相違の影響が予想以上に大きく、全体として目標出力には至らなかったが、自立運転を経て約3kWの出力を得た。
- ・個々の技術は、予想通りの性能(効率)が得られ、サイクル設計の結果を踏まえ総合した全体効率20%は十分達成できていることを確認した。

#### ②【CO2削減効果】

##### ○2020年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II-i)

- ・2020年度に期待される普及量:50kW換算で1000台(生産能力と設置工事体制の拡充、広報・受注活動等を勘案した導入台数)
- ・1台当たりの年間CO<sub>2</sub>削減量:50kW×8760時間×0.9×0.555kg/kWh=218t(電力のCO<sub>2</sub>原単位は、地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン(第3版)参照)
- ・年間CO<sub>2</sub>削減量の総量:218t×1000台=22万t-CO<sub>2</sub>

##### ○2030年時点の削減効果 (試算方法パターン B-a, II-i)

- ・2030年度に期待される普及量:50kW換算で9000台(生産能力と設置工事体制の拡充、広報・受注活動等を勘案した導入台数)
- ・1台当たりの年間CO<sub>2</sub>削減量:50kW×8760時間×0.9×0.555kg/kWh=218t(電力のCO<sub>2</sub>原単位は、地球温暖化対策地域推進計画策定ガイドライン(第3版)参照)
- ・年間CO<sub>2</sub>削減量の総量:218t×9000台=196万t-CO<sub>2</sub>

#### ③【成果発表状況】

- ・日本機械学会第19回動力・エネルギーシンポジウム発表(2014年6月26日)「高効率空気タービン発電システム」(発表者:小川紀一郎)
- ・日本エネルギー学会第10回バイオマス科学会議発表(2015年1月14日)「高効率空気タービン発電システムの開発」(発表者:小川紀一郎)

#### ④【技術開発終了後の事業展開】

##### ○量産化・販売計画(案)

- ・2016年～17年度 技術開発計画(実用化シナリオ)検討及び実証機(50kW機)提案・予算確保。必要に応じ、20kW機による予備試験。
- ・2017年～20年度 実証機の設計・製作・試験  
この間、実用機(50kW量産機)の製作、販売体制を策定する。
- ・2018年頃～30年度 実用機販売開始。  
量産化に際しては、基幹部品のみを自社生産し、他を外注生産とすることも検討。販売体制としては、商社を活用。

##### ○事業展開における普及の見込み

- ・2020年頃より本格販売開始し、2030年度目標は、設備コスト28万円/kW及び販売台数1,000台(50kW換算)を目指す。

##### ○事業拡大シナリオ(案)

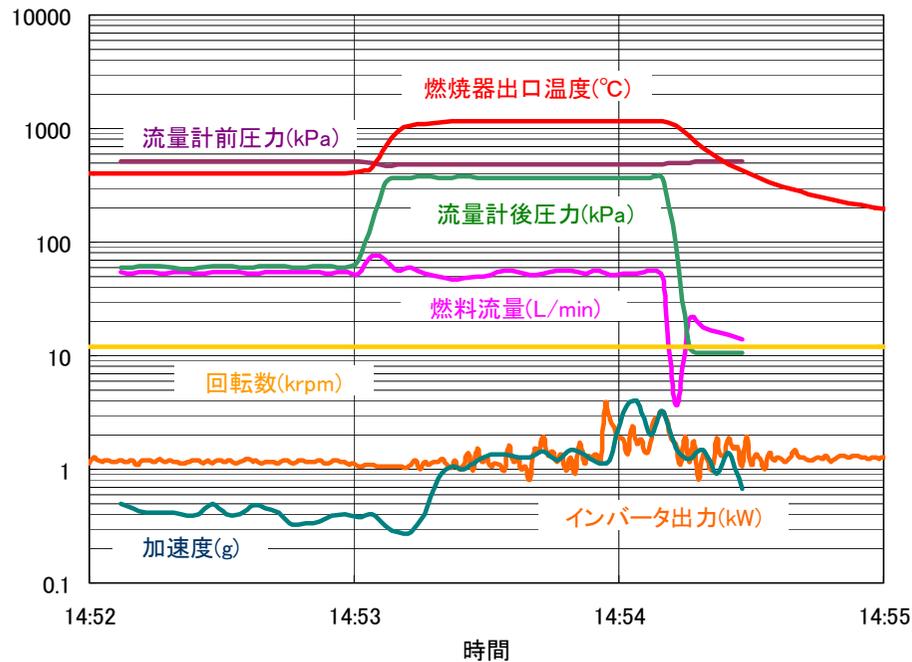
年度	2017	2020	2025	2030
技術開発計画&実証機(50kW)提案	実証機準備 ←→			
実証機設計・製作・試験(実用性検証)		←→ 実証試験・技術検証		
実用機(商用機)製作・販売戦略策定		←→ 販売戦略策定		
実用機(商用機)製作・販売促進			←→ 商用機量産	

##### ○シナリオ実現上の課題

- ・技術の完成度向上  
本技術の実用化のためには、20kW機の試験結果を踏まえた実証機(50kW機)によるシステム全体としての技術検証が不可欠である。その際、技術面及び体制面の検討・見直しとともに、予算確保が鍵を握ることになると考える。
- ・商用機としての完成及び販売戦略の策定  
技術として完成しても商用機(実証機と同じ50kW)としては、性能、価格、運転信頼性に加え、使い易さなどユーザに魅力ある商品としての完成度が求められる。そのためには、製作・販売戦略の策定が必要で、上述のように製作面では基幹部品以外は外注生産とし、販売面では商社活用を考える等外部組織との協力関係構築が重要になると考える。

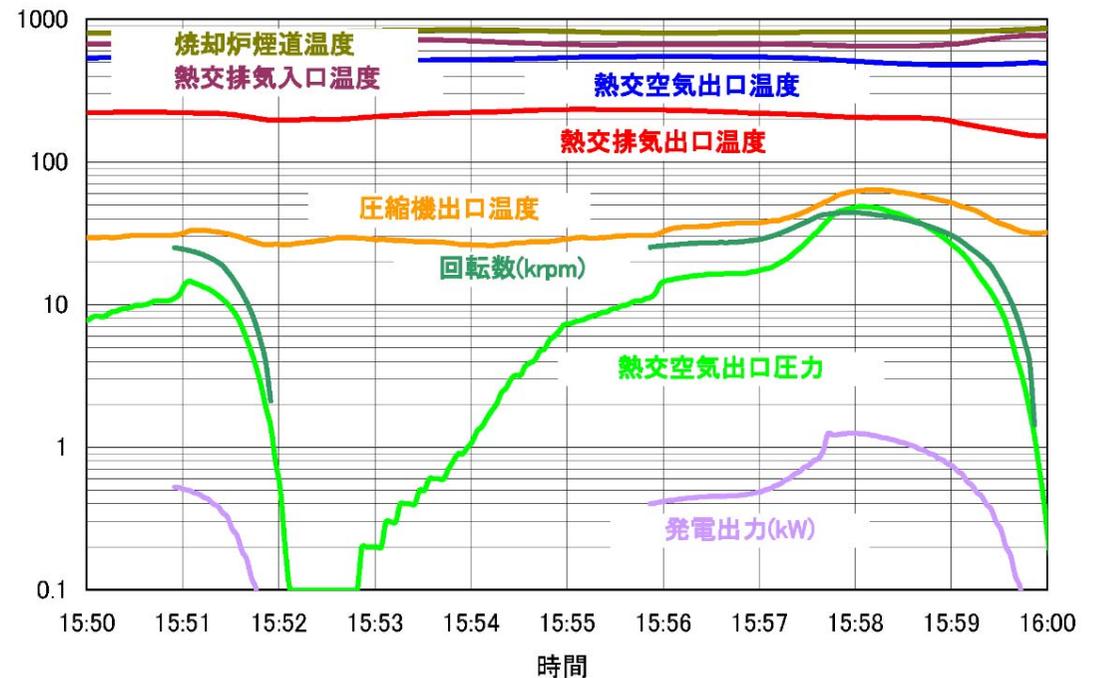
# 参考資料

## 参考1 高温空気タービン試験結果例



参考1-1 LPG燃焼による運転試験結果例

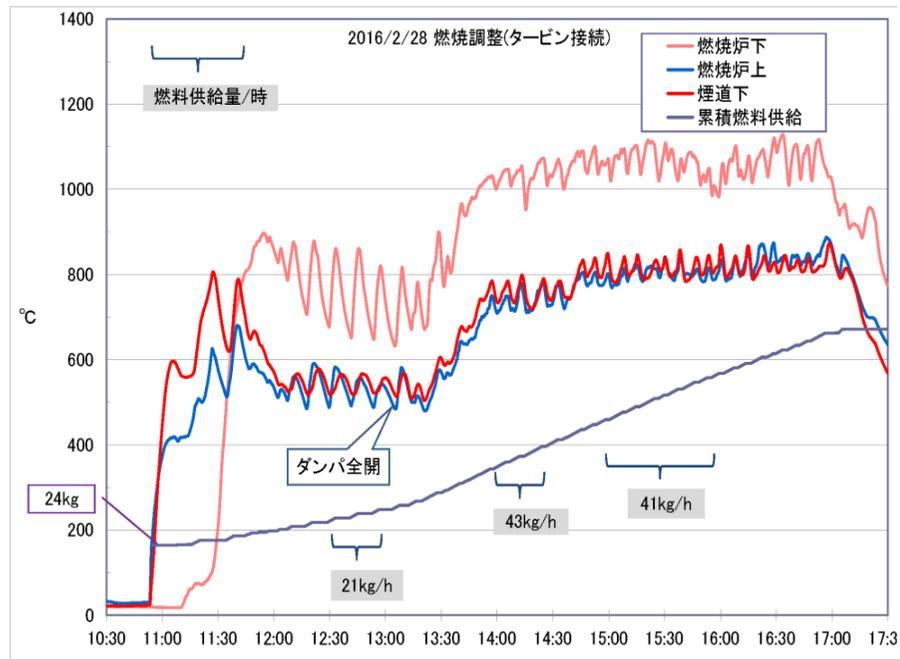
(H27年度成果報告書p59(図5.1.4)より)



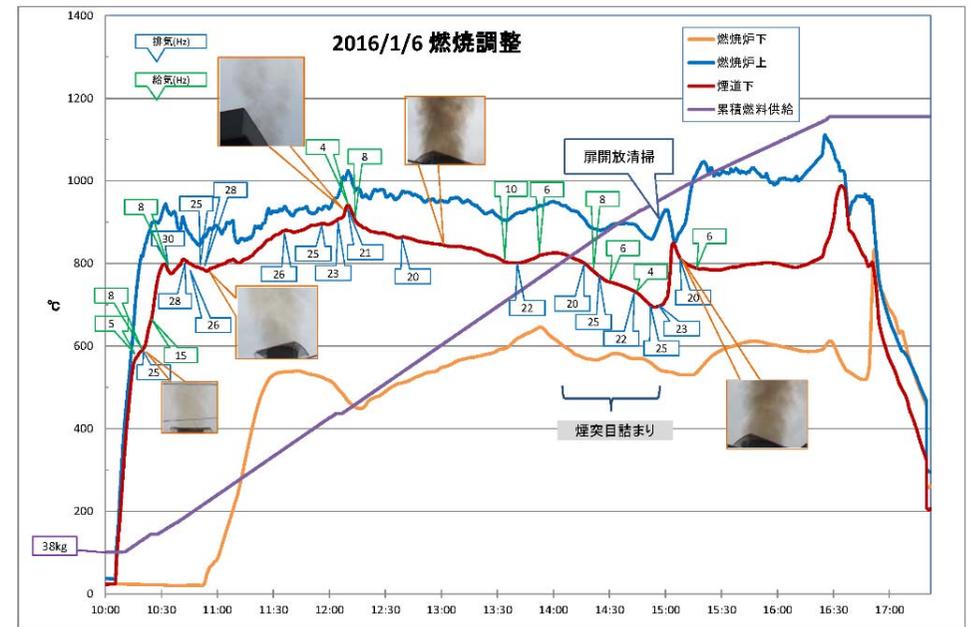
参考1-2 バイオマス燃焼による運転試験結果例

(H27年度成果報告書p69(図5.2.3)より)

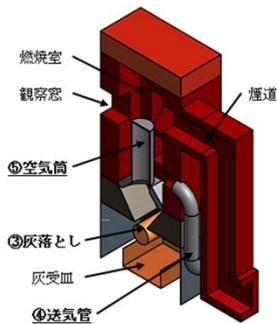
# 参考2 バイオマス焼却炉試験結果例



参考2-1 焼却炉単独燃焼試験結果  
(ストーカ式燃焼) (H27年度成果報告書一図4.9)

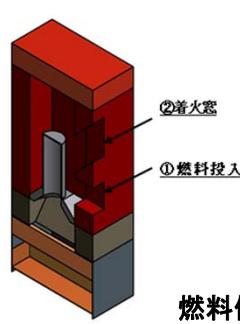


参考2-2 焼却炉単独燃焼試験結果  
(ストーカ式ガス化燃焼方式) (H27年度成果報告書一図4.10)



焼却炉 A-A 断面立体図

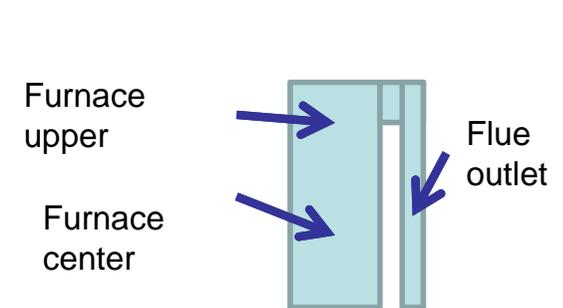
燃焼炉断面図



焼却炉 B-B 断面立体図



炉内部分図



主要温度計測図

## CO<sub>2</sub>排出削減対策技術評価委員会による終了課題事後評価の結果

▪ 評価点 5.7点（10点満点中）

▪ 評価コメント

- 焼却炉と高温空気タービンのマッチング及び熱交換伝熱面の汚れが未だ課題であるが、他の個々の目標は達成されていることは評価する。
- 発電出力が目標の20kWをかなり下回っていることは課題である。マッチングによる課題は起動バーナの設置、伝熱面の汚れによる課題はフィルター設置等によって解消できるとはあるが、今後実証等による解決を求める。
- 商用機開発の戦略に述べられている販売戦略、外注生産、協力関係などを確実に実行できるよう具体的な準備を進めることを求める。
- 実施内容は適切であるが、各装置の改善要素が多いため、更なる課題解決のための検討を期待する。
- 本事業の実施内容について積極的に成果を広く公表し、その際は環境省「CO<sub>2</sub>排出削減強化誘導型技術開発・実証事業」である旨を周知することを求める。
- 環境省補助金要項に従い採択時に告知したように、補助事業により整備された施設、機械、器具、備品その他の財産には、環境省補助事業である旨を必ず明示すること。