

# チェンサイクルコージェネレーション設備

香山 博生\*

## 1. はじめに

地球環境保全の見地から1993年に省エネルギー法が改正され、エネルギー管理指定工場においてはエネルギー消費量が前年度比1%削減を義務づけられ、さらに1997年のCOP3京都国際会議以降、通産省の行政指導もあり、より一層の省エネルギー化が求められてきた。当社はこの年率1%の省エネルギー達成及びコスト削減とを目的として、根本的な省エネルギー化を図るためにチェンサイクルコージェネレーション（CCC）設備を導入した。

この新設備は1998年10月から本格運転に入り、その後高効率な蒸気回収と発電により当初計画の省エネルギーとコストダウン目標を達成している。

## 2. チェンサイクル発電システムの特徴

チェンサイクルシステムとは、ガスタービンエンジンにおいて、廃熱ボイラーを用いて発生させた蒸気をガスタービンの燃焼器部に噴射注入し、燃焼ガスと蒸気と圧縮空気の混合ガスの力でタービンを作動させるものである。排熱をパワーアップに有効利用できることにより、出力と発電効率が大幅に向上するという特徴を有している。考案者であるDr.Dah Yu Chengにちなんでチェンサイクルと呼ばれている。

チェンサイクルが開発されるまでは、ガスタービンへの蒸気噴射の利用は、単なるNOx低減、または、単純な出力増大に限られていた。このシステムの開発により蒸気噴射ガスタービンサイクルにおける蒸気と燃焼用空気の比率、蒸気と燃料の比率、その他サイクルパラメーターの最適な関係が定められ、効率の良い合理的な運用が図られるようになった。その結果、チェンサイクルでは出力で約50%、効率で最大約39%の改善が可能となっている。

チェンサイクルシステムは1997年4月現在、全世界で29基稼動中であり、さらに増加する傾向にある。その第1号機は既に9万時間を超える運転時間を記録し、今なお順調に稼動している。

チェンサイクルの利点を以下に示す。

①発電電力と蒸気出力の比率を自由に可変できるので、幅

広い熱/電比の需要パターンに対応でき、エネルギーの効率的な運用が図れる。

②コンバインドサイクルに比べ蒸気タービンシステムが不要となり、コンパクト設計が可能になった。このことによりDSS（Daily Start Stop）運転が可能になり、エネルギーの節約が図れる。

③タービンノズル蒸気噴射が行われているのでNOxの発生量を低減できる。

④蒸気タービンシステムが不要であるため、建設費を安く抑ええることができ、保守および信頼性の面でも有利である。

## 3. システム構成

当社のチェンサイクルシステムは、図1に示すようなシステムフローとなっており、当設備の外観は図2の通りである。

## 4. 設備概要

本システムはガスタービンパッケージ、ガス圧縮機、排気再燃ボイラー、制御監視装置、ボイラ給水用純水装置（純水タンク含む）、薬注装置とその他補機設備等から構成されており、同一システムのものが2基設置されている。

### 4・1 設備仕様

表1 コージェネレーション設備仕様

コージェネ形式	チェンサイクル発電設備	
ガスタービン	形式	単純開放サイクル1軸形
	出力	6,100kW (15℃)
	回転数	14,586rpm
	燃料	都市ガス13A
発電機	形式	三相交流同期発電機
	容量	6.956kVA
	力率	0.9 (遅れ)
	電圧	AC3,300V
	回転数	1,800rpm
	周波数	60Hz
排気再燃ボイラー	形式	水管自然循環式
	最高使用圧力	2.35 MPa
	蒸発量	20 t/h
	バーナー形式	排気再燃式
	バーナー燃料	都市ガス13A

\* 設備部

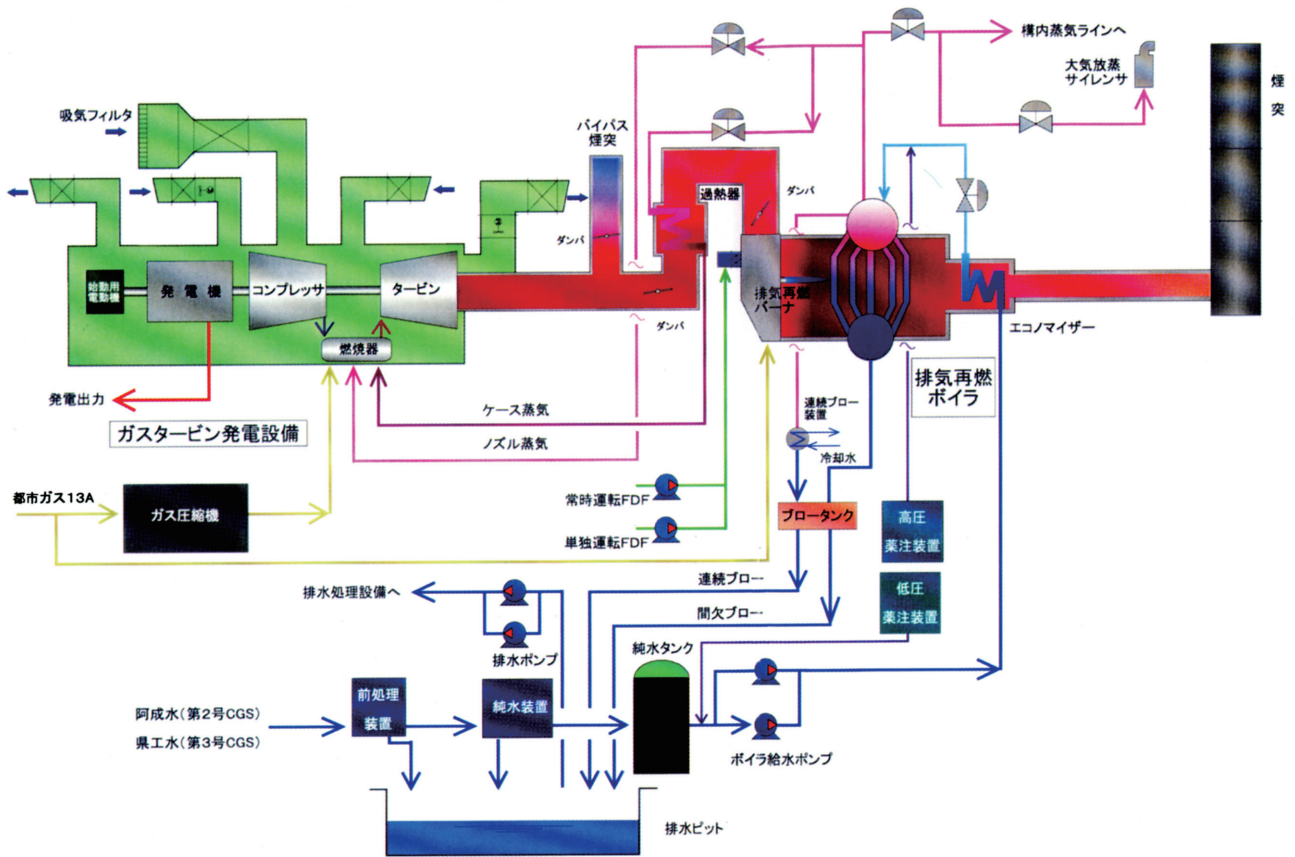


図1 システムフロー



図2 設備外観

4・2 主要機器要目

4・2・1 ガスタービン

チェンサイクルに用いるガスタービンは蒸気注入対応型のアリソン社製501-KH5の単純開放サイクル軸流一軸型を使用している。これは航空機用ターボシャフトエンジンT56を基本とした501-KB5エンジンがベースとなっている。

4・2・2 ガス圧縮機

本ガス圧縮機にはガスタービン燃料としてクリーンエネルギーである都市ガス13Aが供給されている。都市ガスは圧縮機ユニットで圧力を0.69MPaから1.95MPaに圧縮され、ガスタービンに送気される。

4・2・3 排気再燃ボイラー

排気再燃システムはチェンサイクルガスタービンから出る排ガス（蒸気約30%+O<sub>2</sub>濃度約10%）を燃焼用空気として再利用する排気再燃バーナーを搭載し、補助空気量を最少限に抑えたシステムである。排気再燃ボイラーは、水管自然循環式で過熱器、蒸気ドラム、エコマイザー、排気再燃バーナーより構成されている。

4・2・4 ボイラー給水純水装置

ボイラー給水には、純水を使用している。それは下記の2点などを防止するためである。

- ①シリカによる過熱器およびタービンへのスケール付着、エロージョン等の発生。
- ②アルカリ金属（Na,K等）が燃焼器内で硫黄と結合し、低融点の硫黄化合物になることによる激しい高温腐食。

5. 運転結果

1998年8,9月の2ヶ月試運転の後、10月より本格運転に入り6ヶ月が経過した。性能試験結果（表2）の通り、出力及び性能は当初の計画値を上回っている。また、NOx値は56.2ppm（O<sub>2</sub>=0%換算）と計画値（80ppm）に対して良好な結果を得た。

本設備は次のように運用されている。

- ①本システムの運用は、原則的には無人運転とし、年間スケジュールタイマにて電力料金の高い平日昼間時間帯（8時～22時）を事前設定し、全自動起動停止運転を実施している。
- ②毎日起動停止のDSS運転を実施しており、コールドスタート時は約40分で全負荷状態になる。また、所内負荷変動も大きいですが、発電機は良好な制御応答性を有している。
- ③運転管理についてはタービン、発電機、排気再燃ボイラー、ガスコンプレッサー、純水装置等の重点ポイントを点検し、設備事故の防止に努力している。本運転6ヶ月の間、初期小トラブルはあったが、現在順調に稼働している。

表2 性能試験結果

項目	計画値／実測値
GT吸気温度 [°C]	29.1
発電出力 [kw]	計画値 5,624
	実測値 5,700
	実／計 101.4%
GT燃料消費率 [Nm <sup>3</sup> /h・kW]	計画値 0.226
	実測値 0.224
	実／計 99.1%
蒸発量 [t/h]	計画値 10.00
	（排気再燃時）実測値 10.86
	実／計 108.6%
蒸発量 [t/h]	計画値 20.00
	（空気燃焼時）実測値 20.72
	実／計 103.6%
NOx値 [ppm]	計画値 80
O <sub>2</sub> =0%換算 [ppm]	実測値 56.2
	（排気再燃時）実／計 70.3%

6. 効果

1) 省エネルギー

本設備の稼働により全社のエネルギー原単位が、対平成9年度比で0.36%削減された。これはエネルギー管理指定工場としての省エネルギー目標である1%の内の大きな部分を占め、省エネルギー・環境改善に大きく貢献した。

2) コスト削減

買電料金が高い平日昼間時間帯に発電を行う事で一定のコスト削減効果を達成した。

7. おわりに

本設備は、1998年10月本格運動に入り、現在順調に稼働している。また、設備導入時のフィージビリティスタディー（F/S）と、十分に時間をかけて現状のエネルギー（電気、蒸気）使用実態を把握した結果、計画を上回る実績が得られている。今後は、日常点検、定期点検を含めたメンテナンスを効果的に行い、安全かつ安定した運転を維持するとともに省エネルギーとコスト低減をさらに押し進めていくことが課題である。

最後に本設備の建設に当たり、導入から引渡しまで御協力頂いた大阪ガス(株)、日立造船(株)殿の関係者に対し、厚く御礼を申し上げます。

文 献

- 1) 日立造船(株)：チェンサイクルガスタービン取扱説明書
- 2) 川崎重工(株)：チェンサイクル発電技術調査報告書（1997）