ガスタービンの操業経験*

北越製紙株式会社 市川工場施設課 田 村 和 則

Operating Experience of Gas Turbine Power Plant

Kazunori Tamura

Ichikawa Mill, HOKUETU Paper Mills., Ltd.

In 1995, a gas turbine power plant was introduced into Ichikawa Mill in HOKUETU PAPER Ltd. in order to change the existing boiler and reduce energy cost. These co-generation facilities enabled us to obtain an independent electric production source and transmit surplus electricity for TOKYO ELECTRIC POWER Co. We changed over from oil ($S=2.6\%$) to city gas for fuel, so that environmental pollution would not increase in the future. In addition, by utilizing an existing steam turbine plant efficiently, the mill energy cost could be lowered successfully. After initiating the operation of this plant, several problems were confronted. Our experiences accumulated through this operation over about 3 years are described in this paper.

1. はじめに

当社市川工場は、洋紙と白板紙の2本立てであるが、古紙原料が80%以上の原料構成になっており、地球環境の保全に資源のリサイクルに貢献できる都会地工場として存在価値のある工場を目指している。

当工場では、平成7年に発電用重油ボイラーの老朽更新に合わせて、高効率なガスタービンコージェネ発電設備を導入した。運転開始以来約3年を経過したが、これまでの操業実績について報告する。

2. 導入の背景

既設ボイラーは、昭和39年に運転開始以来約30年を経過し、運転時間も25万時間を超え、老朽化が進んできていた。対応策として既設の改修や重油ボイラーの更新等を検討したが、以下の条件のもとで新たな

発電設備の新設について検討を行った。

- ・都会地工場として将来動向を踏まえた環境対策が可能なこと。
- ・限られたスペースに設置できること。
- ・操業において現有人員で運転できること。
- ・自家発電比率100%、電力会社への逆潮流（売電）が可能なこと。
- ・投資採算に見合うこと。

多方面から検討の結果、前提条件を満足する設備として、排熱ボイラー付きガスタービン発電設備が現状の問題点をクリアする一番有利な投資であるとの結論を得た。

3. ガスタービンコージェネ発電設備の概要

この結論のもとに、工場の操業条件を加味してガスタービン発電設備の仕様を決定した。表1にガスタービン発電設備主要の仕様、図1に設備フローとヒートバランス、図2に設備配置図を示す。

*第3回省エネルギーセミナー講演

表 1 主要機器仕様

機器名称	仕 様	備 考
ガスタービン	形 式	単純開放サイクル軸型；MF-111 B
	出 力	17,000 kW (大気温度 15℃)
	回 転 数	9,660 rpm
	燃 料	都市ガス (13 A)
	NOx 低減	蒸気噴射 NH ₃ 接触還元式脱硝装置
排熱ボイラー	形 式	複圧自然循環型 ダクトバーナー付
	蒸 発 量	60 T/H (単独運転時 50 T/H)
	圧力 (最高)	kg/cm ² G 65 (75) 0.45 (4.8)
	温 度	℃ 458 200 (最高)
	燃 料	都市ガス (13 A)
蒸気タービン	形 式	衝動型背圧式
	出 力	5,500 kW (入汽量 42.5 T/H)
	圧 力	kg/cm ² G 59 3.5
	温 度	℃ 450 —

図 1 フローシートとヒートバランス

図 2 設備配置図

4. 設備の特徴

(1) ガスタービンと助燃用ダクトバーナーを有する排熱ボイラーを組み合わせることで、総合熱効率を80%の高効率まで向上させた。

(2) 排熱ボイラーの蒸気条件は、助燃により既設蒸気タービンの仕様に適合させることで、ガスタービンの負荷変動によっても蒸気タービンの発電効率が下がらないようにした。

(3) ガスタービン定検時でも、排熱ボイラーの単独運転を行えるように強圧通風機を併設している。これによって、ガスタービン停止期間でも既設蒸気タービンでの発電が可能となり、購入電力の減少が図られる。

(4) 空気圧縮機の汚れに起因する発電出力の低下を防止する対策として、建設当初から3段式吸気フィルターを採用した。

(5) 環境対策として、大気関係では燃料としてガスタービンと排熱ボイラーは都市ガスを使用している。NO_xの削減は、ガスタービンでの蒸気噴射及び排熱ボイラーでのアンモニア接触還元方式の脱硝設備に対応している。表2に大気関係の規制値を示す。運転の方式で3通りとなっている。

また、ガスタービンをRC建屋内に設置し、吸排気ダクトの防音対策や防音壁で騒音対策にも万全を期し

た。

5. 運転実績

平成7年8月より営業運転に入り、平成10年4月に第3回目の開放点検を実施した。これまでの運転実績及び開放点検の結果について述べる。

5.1 起動・停止特性

ガスタービン本体の起動・停止は全て自動化されており、中操DCSからの指令で行われる。起動から併列、初期負荷取り返しの所要時間は約15分である。一方、排熱ボイラーも昇圧に応じた弁操作（ドレン切り、エア抜き等）は全て自動で行われる。設備全体が定格負荷になる迄の所要時間は、45～60分である。停止も同様に発電負荷減、解列、クーリング、停止、ターニング迄全て自動で行われる。停止指令からターニング起動までの所要時間は約20分である。

ガスタービンの起動及び停止での機器動作のタイムスケジュールを図3に示す。

5.2 ガスタービンの運用

運用面での特徴は、工場需要電力に加えて東京電力株式会社への売電実施であり、この総電力量をガスタービンと蒸気タービンとで全て供給していることである。電力変動分はガスタービンの負荷で調整し、吸収している。売電量は次の3通りであり、表3に示す。

表2 大気関係規制値

	コンバインド	ボイラー単独	ガスタービン単独
NO _x	100 ppm	100 ppm	20 ppm
ばいじん	0.05 g/Nm ³	0.05 g/Nm ³	0.05 g/Nm ³
換算 O ₂ %	5%	5%	16%

図3 起動及び停止でのタイムスケジュール

表 3 送電パターン

送電パターン	売電比率
平日 8:00~22:00	60%
平日 22:00~ 8:00	35%
休日 8:00~ 8:00	35%

図 4 送電制御の制御監視画面

ガスタービンは通常、昼夜・休日で25%の出力差で運用されている。送電制御のDCS画面を図4に示す。

5.3 排熱ボイラーの単独運転

排熱ボイラー単独移行でのボイラー運転状況を図5に示す。ガスタービンの定検停止時の切替え、緊急トリップ時での単独運転移行や、電力面での売電から買電への移行についても支障はなく運転操作対応が可能となっている。

5.4 ガスタービンの出力低下

(1) ガスタービンの出力低下をきたす大きな要因として

a) 外気温度の上昇

b) 空気圧縮機汚れによる圧縮機効率の低下が挙げられる。

(2) a) に対しては、ガスタービン車室に蒸気を噴射して出力をアップさせることができる。これにより、夏場の外気温でも出力低下は発生していない。

(3) b) に対しては、大気中の汚れを吸い込まないように、当初から3段式フィルターを設置している。フィルターの効果は発揮されて、出力低下は発生しなかったが、反面2段目のフィルター使用寿命が3ヶ月弱と短いことが運転開始とともに問題となった。使用寿命はフィルター差圧で管理しているが、その推移を図6に示す。ガラス繊維を使用して濾材面積を多く織り込んだ構造の他社品（日本無機製）に2、3段フィルターを切替えた。寿命は1年間超となりコスト的にも改善された。

(4) 平成5年、新潟工場に同機種ガスタービンを導入しているが、フィルターを設置しておらず、この効果をフィードバックした。フィルター設置後は、出力低下はなく洗浄作業も実施していない。その効果を圧縮機効率の推移として図7に示す。

5.5 日常保全と開放点検結果

(1) 日常保全については、通常行われている設備の巡視点検以外に特別なものはなく、通常運転時はノーメンテナンス設備である。

(2) 定検を含む開放点検を運転開始から平成10年5月まで3回実施している。高温部品類の補修状況を表4に示す。

高温部品類の損傷程度は使用燃料や入口ガス温度によって大きく左右される。当工場での主な取替え要因は、コーティング剥離・冷却穴詰まり焼損・減肉等であった。

図 5 ボイラー単独運転移行での状況

図 6 フィルター差圧の推移

表 4 高温部品類の補修状況

	数量	H 8 年 5,989 Hr	H 9 年 13,978 Hr	H 10 年 22,011 Hr	予測寿命 Hr
燃焼器 内筒	8	継続使用	継続使用	継続使用	25,000
燃焼器 尾筒	8	継続使用	再コーティング	5 個取替	25,000
タービン動翼 #1	68	継続使用	1 枚取替	4 枚取替	30,000
#2	64	継続使用	継続使用	継続使用	50,000
#3	60	継続使用	継続使用	継続使用	100,000
タービン静翼 #1	44	1 枚取替	6 枚取替	6 枚取替	30,000
#2	22	継続使用	継続使用	継続使用	40,000
#3	12	継続使用	継続使用	継続使用	100,000

図 7 圧縮機効率の推移 (新潟工場)

5.6 効果

ガスタービンを設置したことにより、平成7年後期から自家発電比率は図8に示すように設置前の50%弱からほぼ100%となった。当初の計画どおり購入電力の削減と売電の実施により、収益改善に寄与している。

6. 今後の課題

(1) 高温部品の寿命について

高温部品は非常に高価であり、入口ガス温度によって指数関数的に寿命が変わる。入口ガス温度を下げることは発電出力を低下させることであり、この損失と部品コストとを考慮した最適経済性の運転管理をめざ

している。

高温部品の履歴をもとに、寿命を把握して使い切るための実績データを集積してゆく必要がある。

(2) 定期及び開放検査の費用について

従来の蒸気タービンに比べて費用は高額であり、定検日数も24日前後を要する。同機種を持つ新潟工場との部品の共有化を行い、定検日数の短縮化及び予備品費用の圧縮を図り、総コストの削減を進めてゆく。

(3) 制御装置、計装機器類の信頼性について

制御方法のほとんどがコンピュータによって、起動停止制御・運転制御をされており一個の計装部品不良や誤動作により、ガスタービンは瞬時に停止となる。安定運転には、コンピュータや周辺機器の信頼性向上

図 8 自家発電比率の推移

が不可欠であり、計装機器類の点検保守も重要な対策である。

7. おわりに

ガスタービンコージェネ発電設備の導入から3年余の運転実績を述べてきたが、発電用としての歴史も新

しく、運転実績も従来の汽力発電に比べると少ないため、取り組んでゆく課題は多い。今後とも更に運転データの蓄積に努めるとともに、最適経済性の運転方案の見直し、操業技術、保全技術の向上による安全性と信頼性の確保を図っていきたい。