

# 都市ガス圧力エネルギー回収発電活用地域熱供給システム

## District Heating and Cooling Using Town Gas Pressure for Power and Chilled Water

杉 山 修\*

Shu Sugiyama

### 1. はじめに

近年、CO<sub>2</sub>による地球温暖化などの地球環境問題に対してエネルギーの有効利用が求められている。このような状況で、地域熱供給においてもコージェネレーションシステムや未利用エネルギーを活用したエネルギーシステムの積極的な導入が国の重要なエネルギー政策として取り上げられている。当社では1996年4月より実施している大阪ドームシティ熱供給事業において、今まで利用されていなかったエネルギー源として、都市ガス供給施設におけるガス圧力エネルギーを活用した発電と冷熱回収システム（都市ガス圧力エネルギー回収発電）の導入を行った。国内では、ガス圧力エネルギーを利用した発電はLNG基地を中心に行われているが、地域熱供給施設で利用するのは初めてのケースである。本熱供給事業は、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）が推進する地域レベルのエネルギー有効利用システム普及に対する「環境調和型エネルギーコミュニティ事業」の助成制度の適用を受けている。

本稿では、熱供給施設の概要および都市ガス圧力エネルギー回収発電の紹介をする。

### 2. 熱供給の概要

#### 2.1 熱供給区域

熱供給区域は、大阪ドーム、当社業務施設を集約した南エリア及びパドゥと呼ばれるスポーツアミューズメントパークのある北エリアの約11haである。（図-1）

#### 2.2 熱供給施設の概要

エネルギーシステムフロー（図-2）に示すとおり熱供給プラントは、各供給先別に3つのプラントから構成されている。各プラントの機器概要を表1に示す。

このエネルギーシステムの特徴としては、サブプラント1のガスエンジンコージェネレーション設備（1100kW×4台）、需要家の大阪ドームに設置されたガスエンジンコージェネレーション設備約1000kWの排熱の有効利用を図るために排熱回収ラインを形成し、排熱利用機器を優先的に稼働させていることや都市ガス供給施設であるガバナーステーションが近接する立地を活かして、未利用エネルギーである都市ガス減圧の際の圧力エネルギーを利用した発電と冷熱回収を行うことにより、地域レベルでのエネルギー有効利用システムを構築していることである。

#### 2.3 エネルギーバランス

平成9年度以降の年間エネルギーバランスは、電力需要に対してガスエンジンコージェネレーションと都市ガス圧力エネルギー回収発電の発電電力比率が約75%、熱需要に対する排熱依存率が約70%、その結果、省エネルギー率は約12%（内都市ガス圧力エネルギー回収発電は5%の効果）と試算されている。

しかし、平成9年度の実績では、発電電力比率は約80%、排熱依存率は50%程度となっている。

排熱依存率の向上のためには、運用とシステムの改善を図って行く必要がある。

### 3. 都市ガス圧力エネルギー回収発電

#### 3.1 設備概要

製造所より送出された高圧（25～40MPa）の都市ガスは、輸送パイプライン途中に設置されているガバナーステーションにて、中圧A（0.3～1.0MPa）、中圧B（0.05～0.3MPa）、低圧（1～2.5kPa）と段階的に減圧調整され、市中の需要家に供給されている。今回は中圧A（約600kPa）から中圧B（約150kPa）へ減圧するガバナーステーション（整圧器）の配管系列に並列してエネルギーセンター棟内に膨脹タービンを設置しエネルギー回収を行っている。

機器仕様を表2、発電システムフローを図-3に示す。

\*大阪ガス㈱エンジニアリング部

〒541-0046 大阪市中央区平野町4-1-2

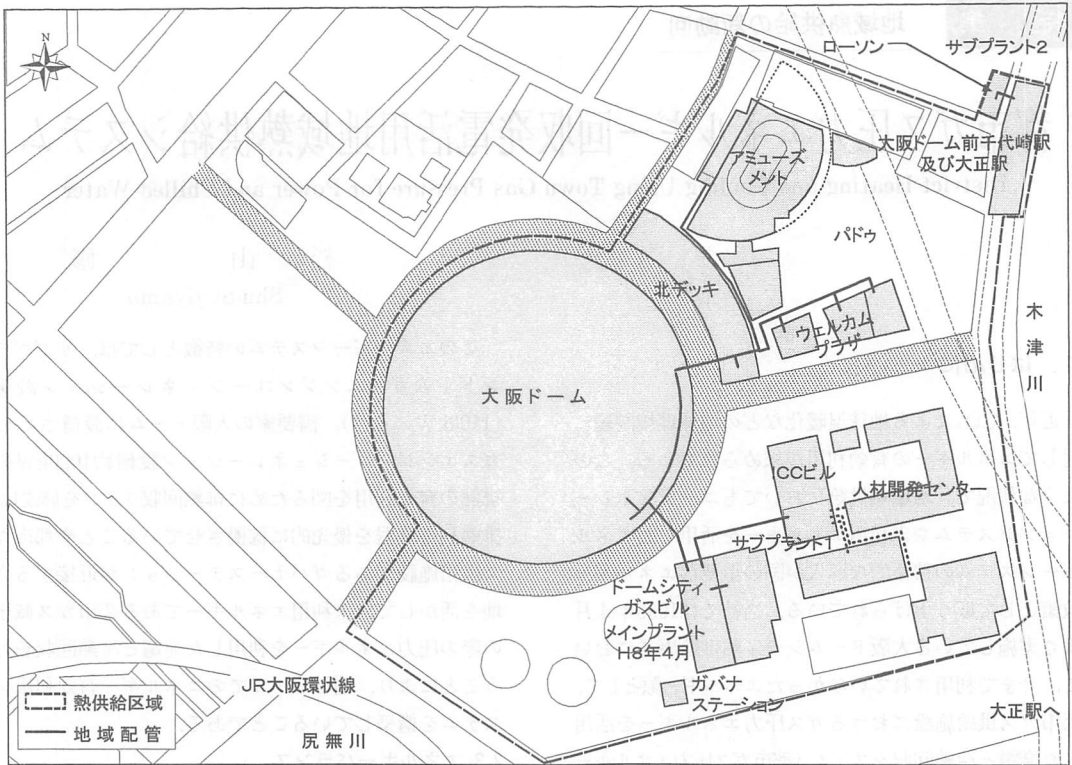


図-1 熱供給区域

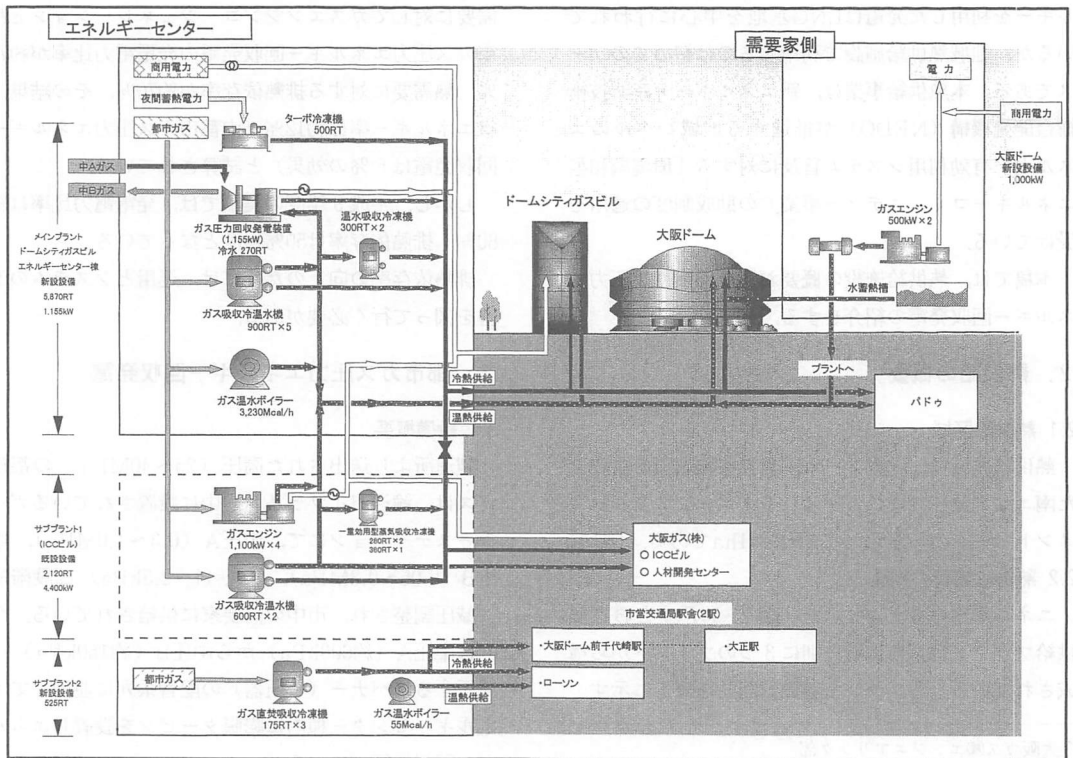


図-2 エネルギーシステムフロー

表1 プラント設備概要

プラント機器			
ガス直燃吸収冷温水機	900RT	4基	
	600RT	2基	
	175RT	3基	
ガス温水ボイラー	13,520MJ/h	1基	
	230MJ/h	1基	
電動ターボ冷凍機	500RT	1基	
温水吸収冷凍機	300RT	2基	
一重効用蒸気吸収冷凍機	280RT	2基	
	360RT	1基	
ガスエンジンコージェネレーション	1,100kW	4基	
ガス圧力エネルギー回収発電設備	1,155kW	1基	
供給条件 (標準値)			
熱 煤	送り温度	返り温度	
冷 水	7.0℃	13.0℃	
温 水	80.0℃	70.0℃	

表2 ガス圧力エネルギー回収発電設備仕様

膨 張 ター ビ ン	型式	1 段ラジアルタービン
	発電機出力	1,155kW
	ガス流量	53,000Nm <sup>3</sup> /h
	入口温度	65℃
	入口圧力	578kPa
	出口圧力	157kPa
	回転数	19,487rpm
アフターヒーター	型式	シェルアンドチューブ式
	熱交換量	3,807MJ/h
プレヒーター	型式	シェルアンドチューブ式
	熱交換量	5,714MJ/h

3.2 エネルギー回収原理

膨張タービンによる減圧と、ガバナーによる減圧の熱力学的な違いを圧力-エンタルピー線図(図-4)に示す。ガバナーでの減圧過程は、等エンタルピー膨張(①→④)であり、圧力エネルギーは乱流等による摩

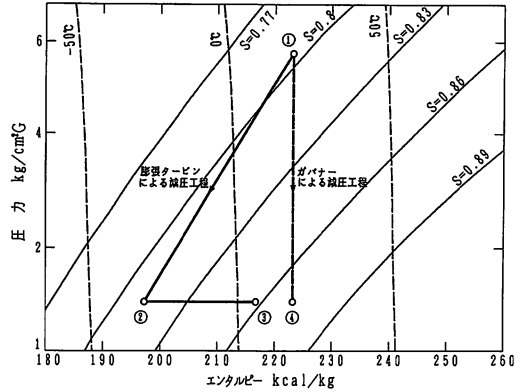


図-4 圧力-エンタルピー線図

擦熱として消費され利用されていない。一方、膨張タービンによる減圧過程は、ほぼ等エンタルピー膨張(①→②)であり、エネルギーを取り出して減圧することができる。しかし、膨張タービンにてエネルギーを取り出すことによりタービン出口温度が著しく下がる。例えばタービン入口温度が20℃のとき、タービン出口温度は約-30℃まで下がる。そこで低温ガスによる導管周辺の凍結等を防止するためにアフターヒーターを設置してガスを加熱している。(②→③)

今回、このアフターヒーターの熱源として地域熱供給用の13℃の冷水を使用してガスを加熱すると同時に7℃の冷水を製造して熱供給を行っており、投入した熱エネルギーも冷熱として利用することにより、エネルギーの有効利用を図っている。

3.3 膨張タービン発電機

ガバナーステーションにおけるガス流量は市中の需要家のガス使用量により変動し、膨張タービン発電機はほとんどが部分負荷で運転される。そのため、膨張

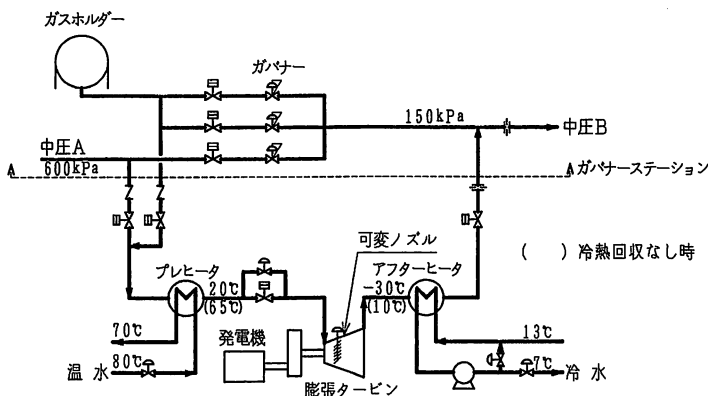


図-3 発電システムフロー

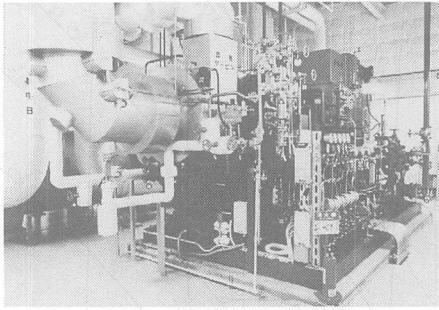


写真1 膨張タービン発電機

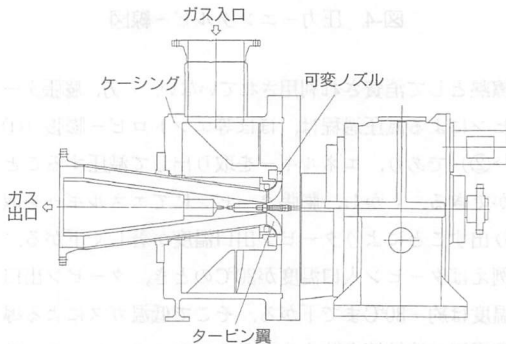


図-5 膨張タービン構造図

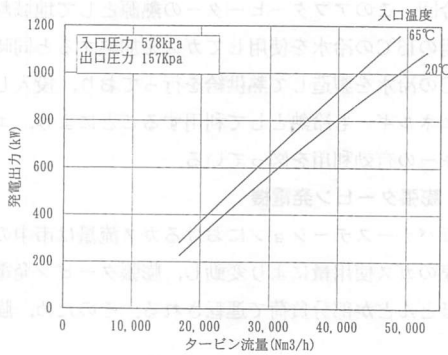


図-6 出力特性

タービンには、部分負荷での効率の低下が少ない可変ノズル付ラジアルタービンを採用している。膨張タービン発電機の外形および構造図を写真1、図-5に示す。

試運転における膨張タービンの出力特性を図-6に示す。発電出力は、ガス流量に対してほぼ直線的に変化し、部分負荷における効率低下が少なく、定格流量の約1/4まで運転が可能である。

#### 4. 運転制御方法

##### 4.1 運用上の特徴

本発電設備の運用上の特徴として、経済性を高めるために時々刻々変化するガス流量の変動に対して最大限エネルギー回収を行っていることが挙げられる。また、ガス供給設備として既設のガバナーと同等の2次側圧力制御特性および膨張タービンによる送出ガス温度の低下の防止が要求される。更に熱供給施設としてアフターヒーターにおける冷水送出温度を熱供給規定内(6~8℃)に維持することが要求される。この為、次のような制御を行っている。

##### 4.2 ガス流量制御

膨張タービンを設置することで、ガバナーステーションの整圧機能に影響を与えることが懸念されるが、既設のガバナーにて2次側の圧力制御をさせるように膨張タービンのガス流量を制御することにより、従来どおりの整圧機能を維持している。具体的には、図-7に示すようにガバナーステーションにおいて供給しているガス流量( $F_B$ )のうち、ガバナーの安定作動流量( $F_G$ )を一定に確保するように、膨張タービンへのガス流量( $F_T$ )を可変ノズルにて制御している。

##### 4.3 冷水、温水制御

アフターヒーターにて冷熱回収を行っているが、約-30℃の低温ガスと冷水を中間媒体なしに直接熱交換させており、冷水の流速が低いと熱交換器内で水が凍

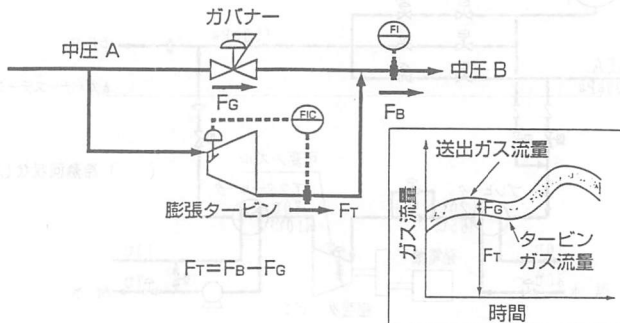


図-7 ガス流量制御方法

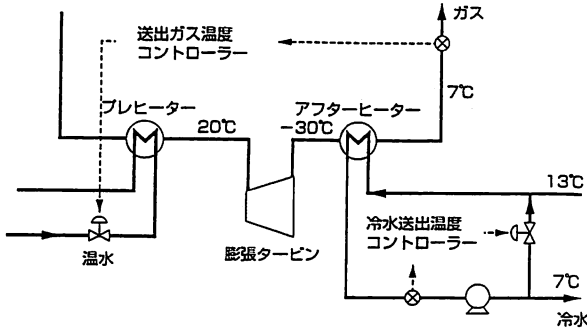


図-8 冷水・温水制御方法

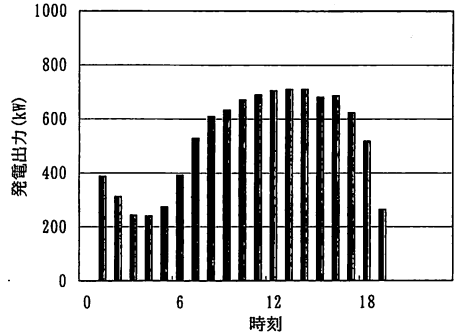


図-9 発電パターン

結する恐れがある。この凍結を防止するために熱交換器の冷水流量を一定量に維持している。さらにガス流量が変動しても冷水温度を一定に維持させる必要があるため、冷水バイパス弁にて熱交換器に入る冷水温度を変化させることにより冷水送出温度を一定に制御している。(図-8)

また、冷熱需要が少ないときは、アフターヒーターの加熱能力が低下するためにガス送出温度が下がる。ガス送出温度が設定温度以下に下がると温水にてタービン入口温度を上昇させることによりガス送出温度を設定値以上に維持し、ガス導管周辺の凍結防止を行っている。温水を使用した場合、前述のタービン出力特性に示すように、同じガス流量であってもタービン入口温度が上昇するので発電出力が増加する。

4.4 運転パターン例

実際の運転パターンの一例を図-9、図-10に示す。

5. おわりに

当熱供給では、コージェネレーションシステムと未利用エネルギー活用によるエネルギー有効利用型熱供

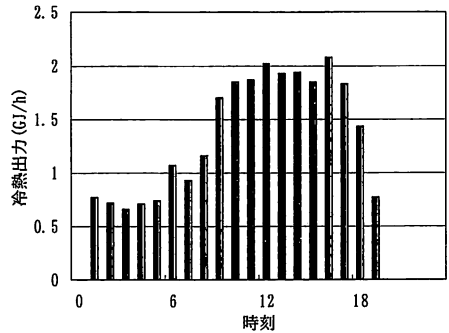


図-10 冷熱出力パターン

給システムの構築を目指した。特に都市ガス輸送パイプラインから市中へガスを減圧する際のガス圧力エネルギーという新たな未利用エネルギーに着目し、国内では初めて熱供給に活用した。

都市ガス供給施設であるガバナーステーションという特殊な設備を利用するため、利用可能な地点は限定されるが、省エネルギー効果に優れ、環境にも優しいエネルギー源であり、今後も都市ガス圧力エネルギーの活用を積極的に検討していきたいと考える。

協賛行事ごあんない

「熱電変換技術シンポジウム

—新展開を迎えた熱電変換技術—

〔主催〕 山口大学工学部, 山口県 他

〔協賛〕 応用物理学会, 電気学会 他

〔日時〕 12月9日(水) 9:30~16:40

〔会場〕 ときわ湖水ホール (宇部市)

〔参加費〕 シンポジウム・交流会

…一般15,000円, 大学・高専8,000円

(シンポジウムのみは, 各5,000円引き)

〔内容〕 基調講演1件, 講演6件

〔問合先〕 山口大学工学部内

ハイテックシンポジウム山口事務局

担当者 安本

Tel 0836-35-9111 (内線8026)

Fax 0836-35-9498

E-mail: sympo@po.cc.yamaguchi-u.ac.jp