

## 第6章 家庭用・業務用マイクロ・ガスコジェネレーション

はじめに

政府は今年になり、中長期的なエネルギー供給の多様化、新エネルギー導入の重用性を鑑み、エネルギー政策の抜本的な見直しに着手した。その内容の骨子は、

### 原子力エネルギー推進の見直し

地球温暖化防止京都会議で合意した、二酸化炭素などの削減目標を達成するため、原子力推進を掲げてきたが、東海村の臨界事故等で、原子力の安全性や放射性廃棄物の処理、処分に対する国民の不安が高まり、原子力推進に大きくブレーキが掛かってきた。

### 新エネルギーの開発・推進

新エネルギーについては非常に期待され、様々な技術開発によって、供給コストは大幅に低下してきたが、残念ながら実用化は非常に遅れており、一次エネルギーの全供給量のわずか1.3% (98年度実績) にすぎない。

しかし、風力や太陽光発電など新エネルギーは、ますます注目され期待は大きい。

### 省エネルギー化の推進

化石エネルギーに依存することがまだまだ多く、省エネルギーの徹底が優先課題となる。

近年の目覚ましい技術革新により、天然ガス、LPガス、石油を燃料とするマイクロガスタービンや燃料電池等、高効率で環境に優れた分散型のエネルギー供給システムが近い将来実用化される目途がついた。

この新技術は、21世紀に向けて激しい技術開発競争を惹起しており、エネルギー市場の指導権を握るためには、いかに効率的エネルギー供給システムを構築するかにかかってくる。

## 1. 燃料電池 (Fuel Cell)

### 1.1 燃料電池の発電原理・種類・特徴

燃料電池は古くて新しいエネルギー変換(発電)技術であり、1839年イギリスのグローブ卿によって、基本原理が発明された。

1次電池(乾電池など)の放電、2次電池(蓄電池)の充・放電と異なり、反応物を与えることで発電を行うものである。

左図に、燃料電池の発電の原理を示す。基本的に、水の電気分解の逆反応であり、水素と酸素から「電気と水」を作り、また、反応熱を得るものである。

燃料電池は、化学反応で発電を行うために、主に下記の4つの特徴を持つ。

- 1．発電効率が高い。
- 2．排気がクリーン。
- 3．低騒音である。
- 4．排熱の利用ができる。

燃料電池は電解質の違いにより、種類が色々あり、アルカリ燃料電池、りん酸形燃料電池、固体高分子形燃料電池など各種の燃料電池が開発されてきた。

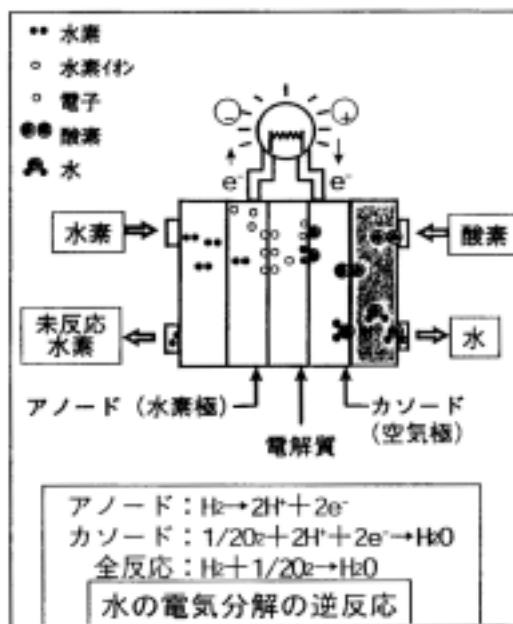


図 6 - 1 発電の原理

現在は、固体高分子形燃料電池 (PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell) が、自動車用動力や民生用電源の開発の主流となっているが、表 6 - 1 に主な燃料電池の特徴を示す。

表 6 - 1 燃料電池の主な種類と特徴

種類 項目	固体高分子形 燃料電池 (PEFC)	りん酸形 燃料電池 (PAFC)	熔融炭酸塩形 燃料電池 (MCFC)	固体電解質形 燃料電池 (SOFC)
電解質	イオン交換膜 (フッ樹脂系)	りん酸 (H3PO4)	熔融炭酸塩 (Li2CO3+K2CO3)	安定化ジルコニア (ZrO2+Y2O3)
作動温度	約80 以下	約120~200	約650	約1,000
燃料	組製水素	組製水素	組製水素	組製水素
使用可能な 原燃料	天然ガス LPG メタノール	天然ガス LPG メタノール ナフサ、 灯油 石炭ガス		天然ガス LPG メタノール ナフサ 灯油
発電効率	40%以上	35~40%	45~55%	50%以上
実用化時期	2000年以降	1990年代	2000 年以降	2000 年以降

固体高分子形 (PEFC) は作動温度が低いために、使用材料の選定範囲が広く、低コスト化、コンパクト化が可能であり、さらに、起動時間が短い特徴がある。しかし、イオン交換膜 (固体高分子膜) が湿潤されている必要があるため、水が必要であり、また、改質ガス (天然ガスなどから作った水素リッチなガス) 使用時のCO被毒に弱い、と言う短所がある。

ここで、燃料電池の特徴である発電効率について、熱機関との比較をすると、下記のようになり、理論的に高効率であることが判る。

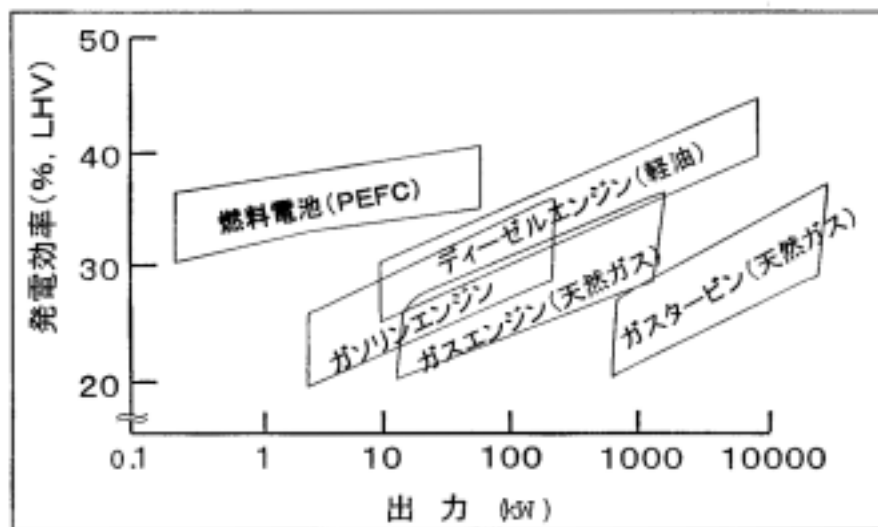
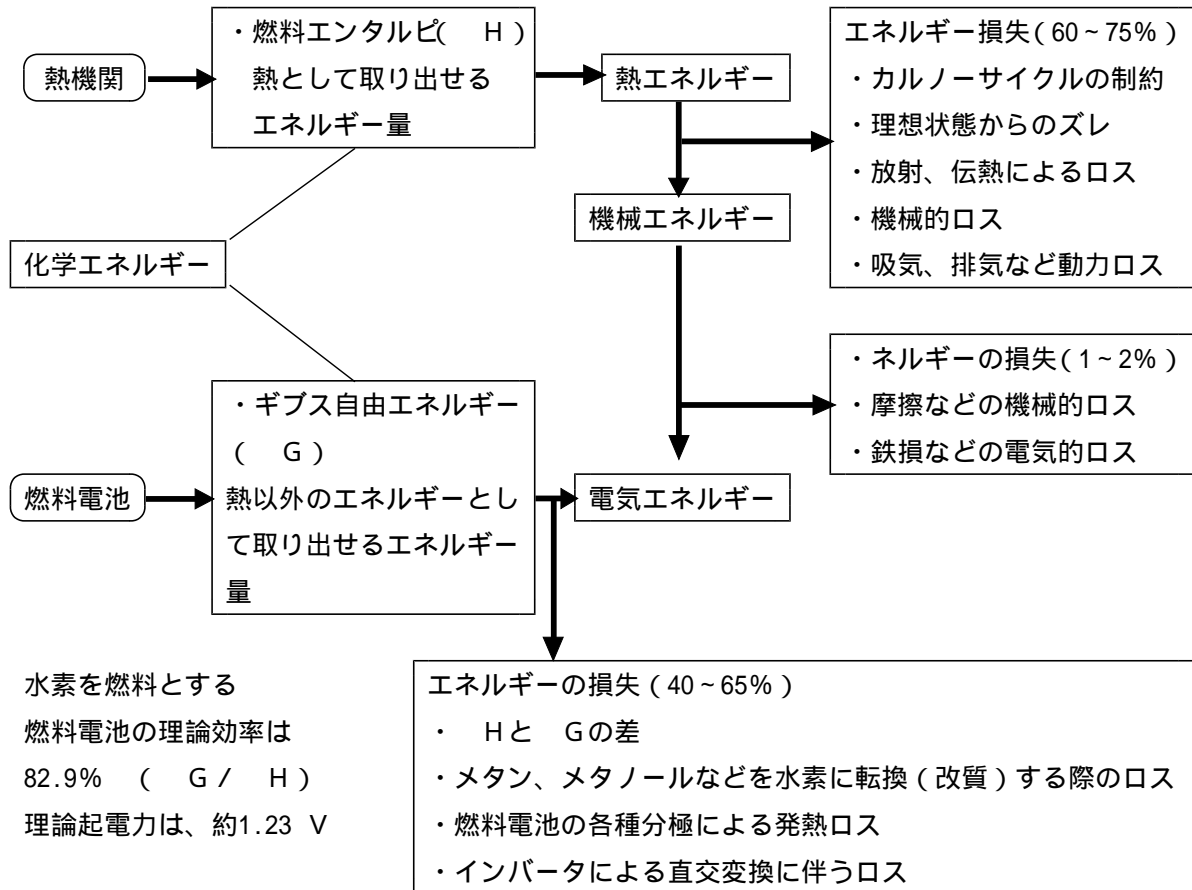


図 6 - 2 各種発電機の概略の効率

## 1.2 開発の状況

- 1) 前節で述べた4種類の燃料電池のうち、実用化・事業化の域に達しているのはりん酸形だけである。日本国内では、東芝/ONSI、富士電機、三菱電機の3社が定置用200kW級(原燃料は天然ガス、LPG、バイオガス)の発売を行っている。三洋電機の可搬形250W、1kW電源、富士電機の自動車用25、50kW電源については販売終了となっている。
- 2) 溶融炭酸塩形および固体電解質形燃料電池については、国家プロジェクトとしてシステム化、プラント開発が進められ、パイロットプラントでの運転試験を行っており、2001年以降にフィールド試験を予定している。
- 3) 団体高分子形燃料電池は、低コスト化、コンパクト化が可能、短時間起動が可能な特徴を有するため、近年、自動車用、民生用として脚光を浴び急激に開発が進められている。
- 4) 民生用としては、1999年より三洋電機が非常用を主用途として1kW可搬形電源(高圧純水素ポンベ仕様)の試験販売を開始、松下電工は2000年より300W可搬形電源(ブタンガス改質仕様)をモニター販売予定であるが、コスト、寿命、信頼性など解決すべき課題があり、本格的な事業化には至っていない。
- 5) 家庭用としては、新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)、日本ガス協会の委託を受け、天然ガスを原燃料とした1kW級コージェネレーションシステムを三洋電機、松下電器産業、松下電工の各社がそれぞれ開発を進めており、2000年1月より試験運転を開始した。今後、燃料電池本体、改質器を含むシステム検証を行い、高効率化、小型化、コスト低減を進め、発電効率30~35%、熱回収を含めた総合効率70%程度、寿命40,000時間を目標とし、2003~2005年頃の発売を目指すとしている。
- 6) 自動車用としては、燃料電池搭載車が次世代の環境対応型自動車の本命と目されるようになり、特にここ1~2年、実用化に向けた世界の大手自動車メーカーの開発競争が激化してきた。

燃料電池本体はカナダのBallard社がリードし、米国DOE燃料電池バスプロジェクトなどにより、水素ポンベ搭載形のバスの運行試験をするなどの実績があり、また、Daimler Chrysler社が開発し走行テストを行っているNECARは基本的に2004年の量産形にほぼ近いものであるとしている。

Daimler Chrysler社は「燃料電池車が内燃機関を用いた自動車とコスト、性能面で競合できるようになるのは2010年頃であり、燃料電池車の占める割合は2020年までにMax20~25%、Minでも5%以上」と発言している。

1999年秋の第33回東京モーターショーには、国内外のメーカーが燃料電池車を展覧しており、2003~2005年頃の商品化に向け開発を強化していることを強烈に印象付けた。

(トヨタ、ダイハツ、本田、三菱、マツダ、FORD、Daimler Chrysler、GM・OPELの各社)

自動車用燃料電池としては、コスト、耐久性(目標5,000時間)、始動性、対環境性、原燃料の選定(メタノール、純水素、天然ガス、LPGなど)、燃料電池単独か2次電池とのハイブリッド化、などのブレークスルーすべき課題があり、2010年以降の普及を目指していると思われる。

## 2 . マイクロタービンを使用したコジェネレーション・システムについて

### 2 . 1 マイクロタービンの基本構造と種類・特徴

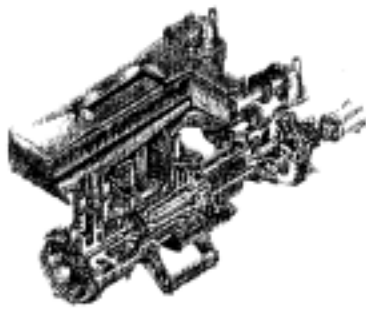
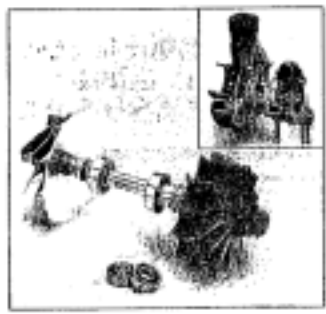
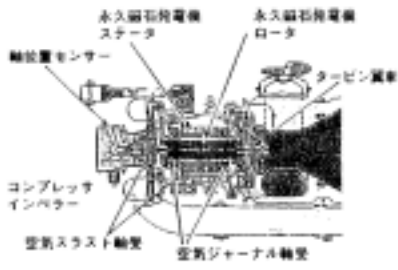
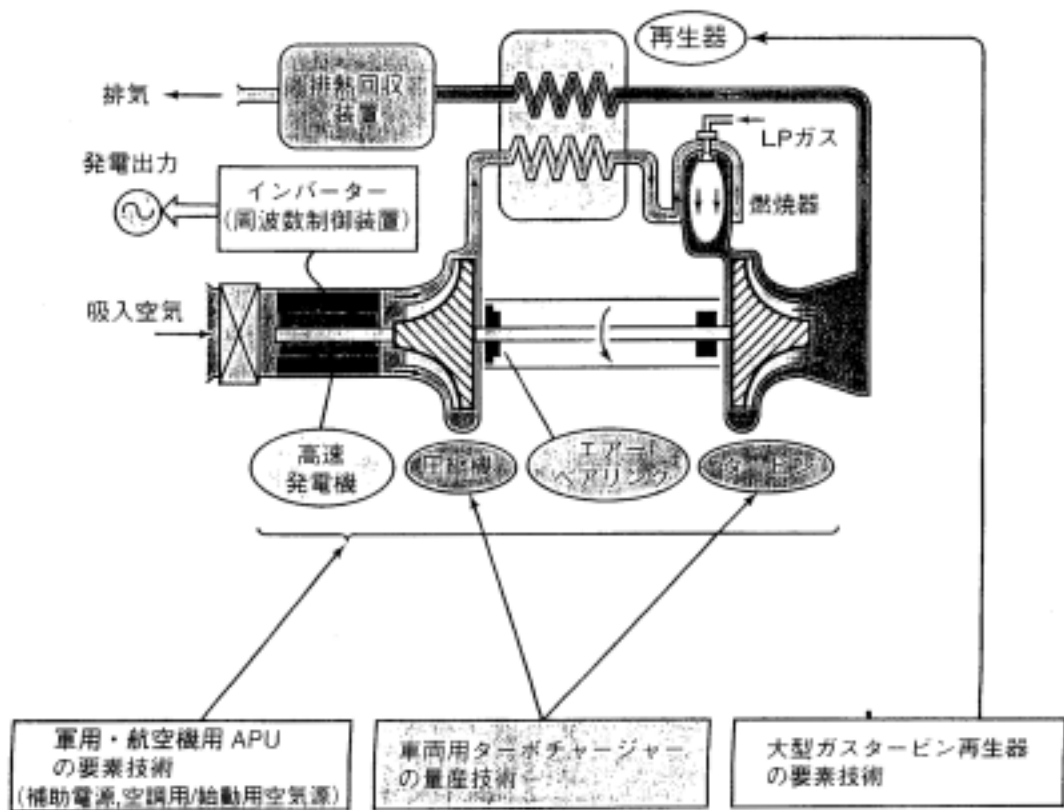
#### 2 . 1 . 1 マイクロタービンの基本構造

マイクロタービンは一般的には圧縮機とタービンによる一軸構成で、さらに永久磁石ローターを同軸とした単純な高速回転体( 65,000 ~ 100,000rpm )で構成されている。多くの中大型ガスタービンが作動流体の高温化や蒸気噴射・コンバインドによる高効率化・熱電可変性を指向する中で、マイクロタービン発電ユニットの商品性の根幹を成すコンセプトは「再生サイクル、高速発電機およびインバーター連系装置の標準化」である。即ち、車両用過給機の低コスト製造技術で量産可能であるが、シンプルサイクルとしては低効率( 圧縮比×4、発電効率<15% )である無冷却翼単段タービンのサイクル効率を再生化により大幅に改善し、更に永久磁石発電機からの1,000Hzを超える高周波出力を変換制御しながら電圧・周波数等の変動に対する保護機能を併せ持つインバーター装置との組み合わせによって、コンシューマープロダクツのイメージに近い小型発電設備を形成している。

#### 2 . 1 . 2 マイクロタービンの特徴

- 1 ) 同クラスの往復動式エンジンと比較してイニシャルコストが安価
- 2 ) 同クラスの往復動式エンジンと比較して小型・軽量
- 3 ) 構造がシンプルであるため保守が容易で保守費が安価
- 4 ) タービン排熱を利用する再生サイクル技術により同クラスのガスエンジンと同等の発電効率を達成することが可能。
- 5 ) 希薄予混合燃焼技術によりNOx排出濃度を10 ~ 25ppm程度( 酸素濃度15%換算値 )に抑えることが可能であるため環境保全性に優れている。

マイクロタービンの原理と要素技術



## 2.2 開発動向

マイクロタービンは、軍用・航空機用補助動力装置や大型ガスタービン用熱交換器に採用されている要素技術や、車両用ターボチャージャーの量産技術といった実績ある技術をベースとする新しい超小型分散型電源として、近年海外の電力・ガス業界で注目を集めており、国内外10社の大手メーカー、ベンチャー企業等が開発に凌ぎを削っている。既に欧米市場においては、有力メーカーは初期ロット品の出荷を開始し、2000年代前半には年間数万台以上の受注を目指して量産設備の建設を着々と進めている。

表6-2 主要メーカーの開発および商品化の状況

海外	K社(米国)	88年に設置されたベンチャー企業。98年12月より28kW機を出荷。
	H社(米国)	航空宇宙・自動車部品大手メーカー。98年秋より75kW機を出荷。
	B社(英国)	米国エリオット社のタービンをコジェネパッケージ化した45kW機を98年第3四半期より欧州市場向けに出荷。
	N社(米国)	空気圧縮機大手メーカーであるインゲソールランドの子会社。GRI, ソーカルガス等の出資で70kW機を開発中。
	T社(スウェーデン)	ボルボの系列会社とABB社の共同出資により、ハイブリット車用エンジンをベースとした100kW機を開発中。
国内	T&S社	300kWおよび50kWクラスの2機種のコジェネおよび冷熱システムを開発中

### 2.2.1 日本におけるコジェネレーション開発(T社)

#### 1) 開発目標

日本市場へのマイクロタービン導入に当たっての基本スタンスは、エネルギー利用効率の向上に根ざしたコジェネレーションとしての普及である。製品の完成度、事業基盤整備の観点から先行しているK社、H社の2社は他の海外メーカーとの排熱利用機器開発を行う動きがあるが、T社としてはシステムの最適化、ボイラー規格等法規制への対応力、販売、サービス体制等の観点から、量産技術を有する国内ボイラー・冷凍機メーカー等とのタイアップにより日本市場向けにコジェネレーションシステムの標準化を行うことが得策と考えており、検討を進めている。T社マイクロタービン・コジェネレーションの開発目標を従来ガスエンジンと比較した一例を図6-3に示す。イニシャルコスト目標は、排熱回収機器・バッテリーリミット内工事費込みで従来ガスエンジンの1/3に相当する12万円/kWである他、メンテコスト、設置性(スペース、重量)についても大幅な差別化を図る。



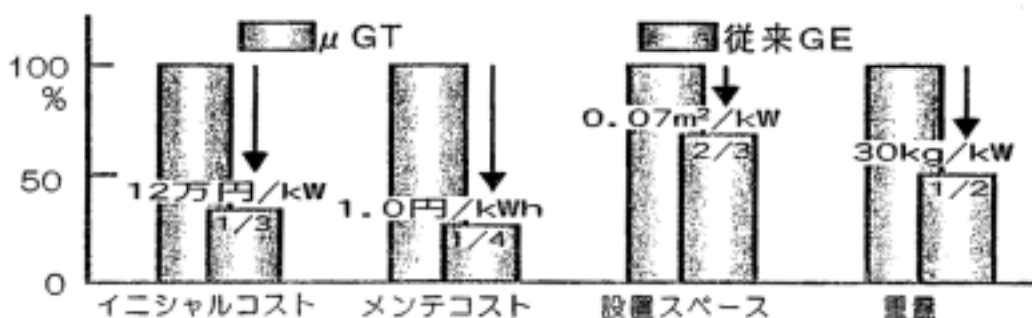


図6 - 3 マイクロタービン・コジェネレーション開発目標  
(30kW級温水回収システム例)

## 2) 開発品の概要

現在検討を進めている当社開発品のバリエーションは、以下の3システムである。

### 温水回収システム

温水回収システムは250 程度の排熱を利用する普及型のコジェネレーションであり、温水行き温度80～90 ・総合効率70～80 の計画仕様によって、温水投入型吸収式冷凍機(商品名:ジェネリンク)を含む幅広い用途で省エネ性の高い運転を可能とする。排熱回収モジュール(図6 - 4)は、温水ボイラーの他循環ポンプ、排気ダンパー等の付帯機器を一体化したものであり、低コスト、排気系圧力損失が小さくコンパクトなレイアウト、消音機能との一体化等に配慮して設計・試作試験を進めている。

### 蒸気回収システム

K社がごく最近試験的に発売したシンプルサイクル機(30kW、発電効率14.3%)を用いた「発電機付蒸気ボイラー」を小型産業用市場向けに検討中である。

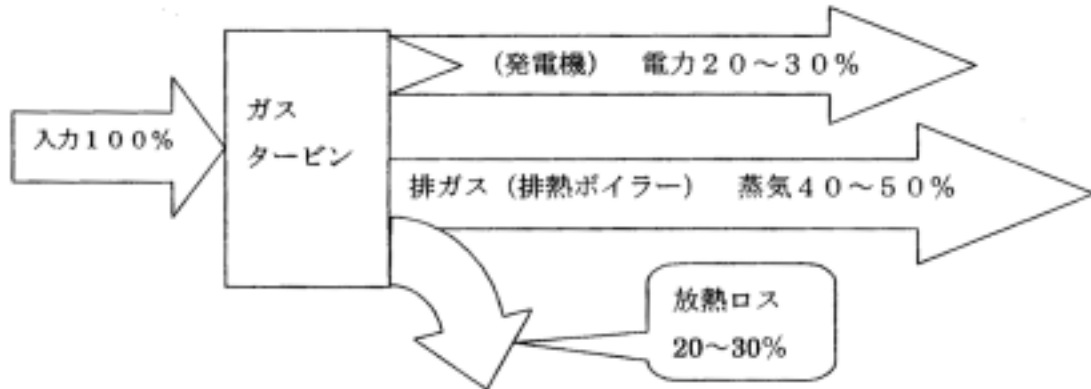
### 排ガス投入型吸収式冷凍機

排熱用途が空調負荷のみである場合、排気ガスを2重効用吸収式冷凍機の高温再生器に直接投入し、必要に応じて追焚バーナーで出力制御を行うシステムがエネルギー利用効率の観点から適している。概ね発電出力3kWで1RT相当の排熱回収が可能であり、吸収式冷凍機量産部品との共通化および低コスト・低エミッションの追焚バーナーとの組み合わせを図ることがポイントとなる。

スケジュールとしては温水回収タイプの開発が先行しており、2000年半ばにはフィールド試験初物件での稼働を開始する予定である。性能、運転安定性、メンテ性、経済性等の評価・課題抽出に基づいて商品化に向けての総合的ブラッシュアップを行う。

[ コージェネレーション・システム ]

コージェネレーション・システムは、ガスを燃料として発電するとともに、排熱を利用して冷暖房や給湯を行うことにより、70～80%に及ぶ高いエネルギー利用効率を得ることができるシステム。平成10年度末で、都市ガスコージェネレーションは全国で1,030件（1,832千kW）に達している。最近では、より小規模な施設への普及を図るため、より小容量のコージェネレーションが求められている。



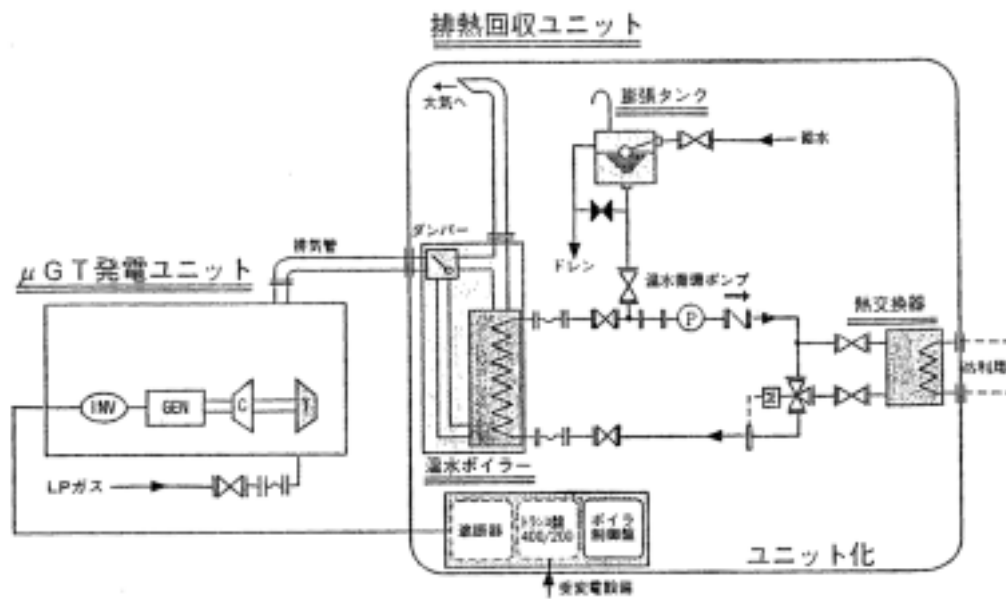


図 6 - 4 温水回収システムの構成

### 2.3 普及に向けての展望・課題

1999年はマイクロタービンに関する国内関連業界の注目が急速に高まり、多くの企業が参入の検討を行った。本ビジネスは欧米メーカーの世界市場における成功が前提である故に慎重な観測も怠れないが、2000年には事業化を表明した国内企業による販売・サービス体制の整備、試験的導入実績が拡大し、本格的普及に向けての地固めが進むであろう。

今後喫緊の課題としては、欧米メーカーに対する評価・開発等に必要な技術情報の開示を促し、並行して国内の稼働実績を増やししながら、マイクロタービンコジェネレーションの社会的意義並びにBT主任者等の規制緩和・系統連系簡素化等の普及基盤整備の必要性について官学民の対話を深めて行くことであろう。