

燃料電池によるコジェネレーション

Fuel Cell Cogeneration

高橋 弘 文*

Hirobumi Takahashi

1. はじめに

燃料電池は発電効率が高いうえに負荷応答性もよく、また無公害であるため特にオンサイト設置に適している。したがって排熱が利用しやすくなり、総合的に省エネルギー性の高いコジェネレーションシステムを実現できるので、早期の実用化が大いに期待されている。

当社は昭和47年より米国のオンサイト用燃料電池開発プロジェクトであるTARGET計画に参加し、フィールドテストを行いながらオンサイト用燃料電池の実用化開発を推進してきた。またこれらの技術開発と併せ、フィールドテストで得たデータ及び一般市場調査データに基づいて燃料電池の省エネルギー性、経済性などについて分析し、オンサイト用燃料電池の市場性についても検討してきた。

本稿では、これらの結果及び現在ホテルに設置し運転を行っている40kWリン酸型燃料電池のテスト状況について紹介する。

2. 燃料電池コジェネレーションの市場性

2.1 燃料電池の排熱利用について

燃料電池の経済性は燃料電池自身のコスト低減とともに、その排熱をいかに効率的に利用し得るにかかっている。そのため、電力及び熱負荷の実態をできるだけ正確に把握し、排熱利用機器を適切に選定し、トータルコストミニコムが達成できる最適な排熱利用システムを構成することが極めて重要である。燃料電池の種類によっては利用しやすい温度レベルの排熱を得ることもできるが、最も実用化に近いリン酸型燃料電池は作動温度が200℃前後であるので、利用できる排熱温度レベルは高い方で180℃前後と考えられ、排熱利用に関しては特に上記の配慮が必要であると思われる。

排熱温度が高い場合には発電効率の向上をねらって、ボトムサイクルにスチームタービンやガスタービンを設置することも考えられるが、業務用ビル等におけるオンサイト用としてはシステムが複雑になることから、給湯や冷暖房システムとして構成するのが一般的であると思われる。この場合のシステムは以下のように分類される。

(1) 給湯専用システム

夏季においても給湯負荷が比較的大きい業種には、給湯専用システムを採用し得る。このシステムは利用できる排熱の温度範囲が広いので、排熱利用効率が高くなると同時に排熱利用に係るシステム構成を簡単にできるメリットがあり、変動費、設備費ともに経済的なシステムを構成できる。ホテルや病院などにおいては本システムを採用し得るケースが出てくる。

(2) 冷暖房給湯システム

夏季の給湯負荷が小さい場合には、燃料電池の排熱を冷房負荷用に利用することを考えるべきである。このとき排熱は吸収式冷凍機の熱源として利用されるが、100℃近辺の排熱が得られる場合には温水吸収式が、また180℃近くの排熱が得られる場合には二重効用吸収式が使用できるので、燃料電池の排熱特性を活かし、利用側の機器を適切に組合せたシステム構成をする必要がある。本システムは燃料電池コジェネレーションとして最も一般的に普及するシステムと考えられる。

2.2 燃料電池コジェネレーションの省エネルギー性

2.1では排熱利用の一般的なシステムについて述べたが、排熱を冷暖房給湯に利用したケースにおいて、燃料電池運転方式の違いによってどのくらい省エネルギー性が異なるか代表的な業種に分類して検討した。検討の前提にした燃料電池システムと従来システムは図-1の通りで、燃料電池の特性はフィールド機であるPC-18型燃料電池の特性を参考にした。この結果を図-2に示したが、病院、ホテル、旅館、飲食店などの業種で省エネルギー性が高い。これらの建物について電

* 東京ガス株式会社研究所燃料電池研究室係長

〒105 東京都港区芝浦1-16-25

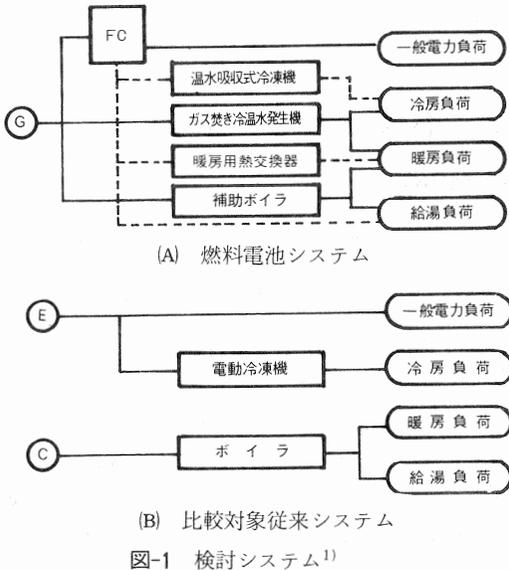
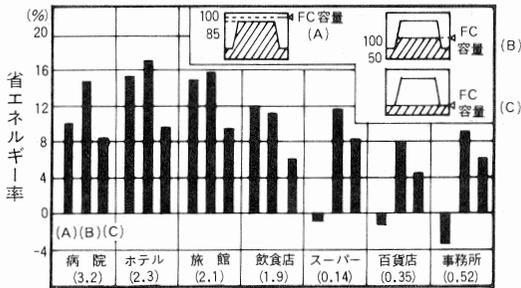


図-1 検討システム¹⁾



(注) 各業種のグラフは左から順に(A), (B), (C)のケースを示す。()は熱負荷/電力負荷

$$\text{省エネルギー率} = \frac{A-F}{A} \times 100 (\%)$$

A: 従来システムにおける年間消費入力エネルギー量 (1次エネルギー換算値)

F: 燃料電池システムにおける年間消費入力エネルギー量

図-2 運転方式別省エネルギー性¹⁾

力負荷に対する熱負荷の比率(以下、熱/電力比という)をみてみるといずれも2以上の値を示しており、排熱を有効に利用できるために高い省エネルギー率を得ることができるものと推察できる。

一方、スーパー、百貨店、事務所など熱/電力比の小さいところでも、適当な運転方式を選ぶことにより省エネルギー性が出てくるのがわかった。

2.3 経済性及び潜在市場規模

2.2の結果から消費エネルギーコストの低減額を算出し、さらに燃料電池その他の設備費、燃料費、保守費などの条件設定をした上で経済性試算を行い、どのくらいの潜在市場規模になるかを推定した結果を図-3

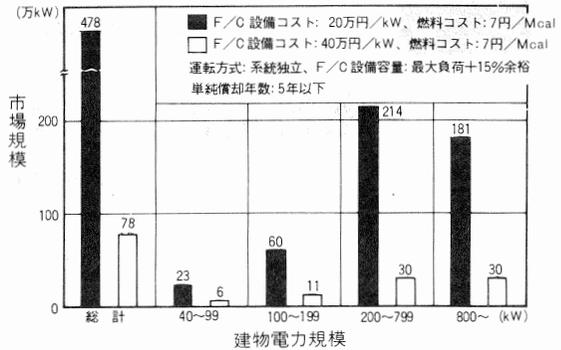


図-3 燃料電池の潜在市場規模¹⁾

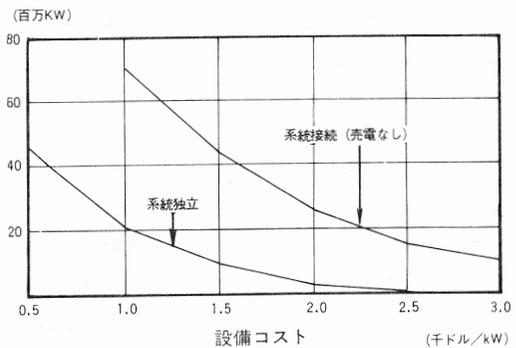


図-4 オンサイト用FCの市場と設備コスト(米国)²⁾

に示した。この結果、燃料電池設備コストが20万円/kW、燃料費が7円/Mcalで系統独立運転のケースでは約500万kWの潜在市場規模となることがわかった。これは全国の業務用契約電力の約13%に相当する。

なお、系統接続により潜在的な市場がどのようにかわるかについて、米国の例ではあるが図-4に示した。系統接続の効果が大きく現われているが、この傾向は日本においても同様であろうと考えられる。

産業用も含めたオンサイト用燃料電池の将来の導入規模は、業務用・産業用を合わせて1990~2005年の間で約1,000万kWになるだろうと想定されている³⁾。

なお、発電効率及び排熱温度がさらに高くなったケースとして熔融炭酸塩型燃料電池を適用する場合は考えられ、熔融炭酸塩型の中でも内部改質式熔融炭酸塩型についてはより大きな省エネルギー性、経済性が現われてくる。潜在市場の試算例を表1に示した。リン酸型に比べ技術的には難しいものの、実用化された時の効果は大きいといえる。

3. フィールドテスト状況

3.1 概要

表1 溶融炭酸塩型燃料電池(内部改質式)の潜在市場規模

FC単価		FC単価	
業種	20万円/kW	業種	20万円/kW
事務所	3,060	ホテル・旅館	723
百貨店	602	特殊浴場	22
スーパー	1,192	映画館・劇場	44
飲食店	69	室内運場競技場	83
病院	1,573	ゴルフ場	151
		市場規模	7,519

- 燃料電池設備容量：最大負荷+15%余裕
- 燃料コスト：7円/Mcal
- その他の条件はリン酸型(図-3)のケースと同じ

燃料電池の種類には、リン酸型、溶融炭酸塩型、固体電解質型、アルカリ型があるが、この中で最も実用化に近いのがリン酸型であり、当社のフィールドテスト機はこのリン酸型である。

このテスト機は出力40kWでPC-18型と呼ばれ、米国のインターナショナル・フュエルセルズ社が製作したものである。主な仕様を表2に、電池特性を図-5に示す。PC-18はオンサイト用燃料電池として、部分負荷時でも効率が高い、負荷変動に対する応答が速いなどの特徴をもっている。

当社は57年3月にPC-18型のプロト機を購入し、技術研究所およびキングダムクラブ鶴見(スイミングプール)で実証試験を行った。さらに米国GRI計画にも参加し、昭和59年11月にはこの計画のもとに作られた改良機を入手し、科学万博(ガスバビリオン)で展示運転を行った後、現在はホテル(第一イン池袋)に移設し実証試験を行っている(写1)。以下にホテルでの実証試験状況について報告する。

なお、燃料電池の運転については通産省の特別認可により常時発電設備であっても無人運転が可能となっ

表2 PC-18型燃料電池の仕様

発電出力	40kW, AC
発電効率	40%
総合熱効率	80%
電圧	208/120V
周波数	50Hz
応答速度	0~100%負荷まで瞬時
操作方式	全自動, 無人運転
燃料：種類	都市ガス(13A)
：圧力	100~350mm H ₂ O
：消費量	8.6NM ³ /時間
外形寸法	2.8M×1.6M×2.0M (幅)(奥行)(高さ)

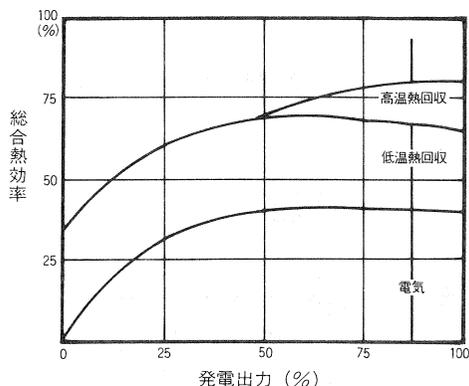
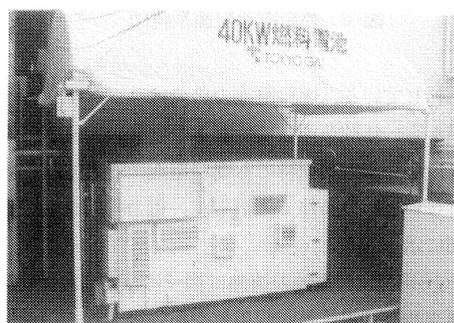


図-5 PC-18型燃料電池特性



写1 PC-18型燃料電池テストサイト(ホテル第一イン池袋)

た。また運転に先立つ使用前検査の省略も認められた。

3.2 テストサイト

ホテルは電力負荷に対する熱負荷の比率が大きく、燃料電池の有望市場の一つであるので、テストサイトとしてホテルを選定した。ホテル第一イン池袋の建物概要は表3の通り。

3.3 電力および排熱利用システム

ホテル全体の契約電力が245kWであるのに対し、設置した燃料電池の定格出力は40kWであり、系統独立

表3 第一イン池袋の概要

建物概要	建物規模	地上10階, 地下1階
	延床面積	約5,000 m ²
	客室総数	140室
設備概要	館内施設	バブレストラン, 和食堂, 宴会場, サウナ, 駐車場
	電力設備	契約電力245kW(6,600V 高圧受電)
	熱設備	電動冷凍機 209,000kcal/h (62.2kW) 蒸気ボイラ 443,000kcal/h×2台 (一般給湯, 暖房用) 温水ボイラ(サウナ用)360,000kcal/h

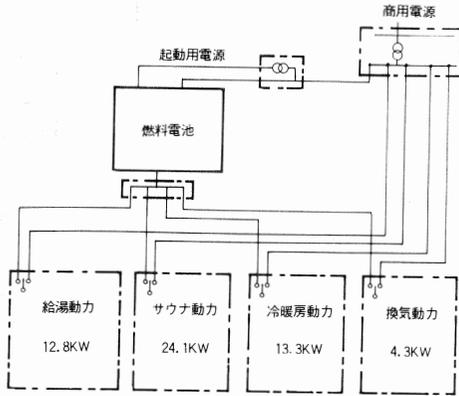


図-6 燃料電池配線系統図

で運転している。燃料電池の負荷はロードサーベイの結果から、年間を通してできるだけ高い負荷率が維持でき、かつ最大負荷時でも燃料電池に対して過負荷にならないという条件で選択した。電力利用システムを図-6に示す。

PC-18型燃料電池の排熱は図-7に示す高温排熱回収用熱交及び低温排熱回収用熱交から得られる。ホテルの給湯負荷は年間ベースでは燃料電池の排熱量に比べ十分大きいので、排熱利用システムには上記二つの熱交を直列につなげた図-8のような給湯専用システムを採用することにした。ただし既存システムに組込むための種々の制約から、できるだけシンプルなシステム

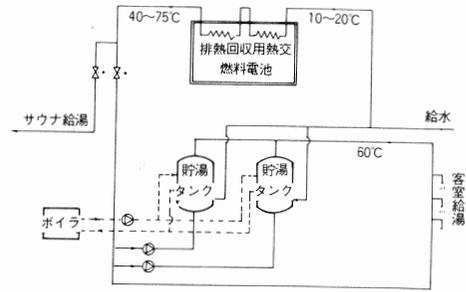


図-8 燃料電池排熱利用系統図

を構成した。すなわち通常は排熱をホテルの主要な熱負荷である客室給湯に利用し、客室への給湯負荷が少ない場合にはサウナ給湯に切替えることとし、排熱利用効率の向上を図った。

3.4 運転状況

PC-18型改良機の運転実績をプロト機の結果とあわせて表4、図-9、図-10に示す。プロト機、改良機ともに装置の心臓部である電池本体、リフォーマには全くトラブルはなかったが、ポンプ類、電磁弁、インバータなど付属機器になお改善の余地を残していることがわかった。

燃料電池の年間の平均発電電力は約18kW(負荷率45%)と想定され、省エネルギー率として4%程度の効果果が、またランニングコストも4%程度の節減が期待できそうである。

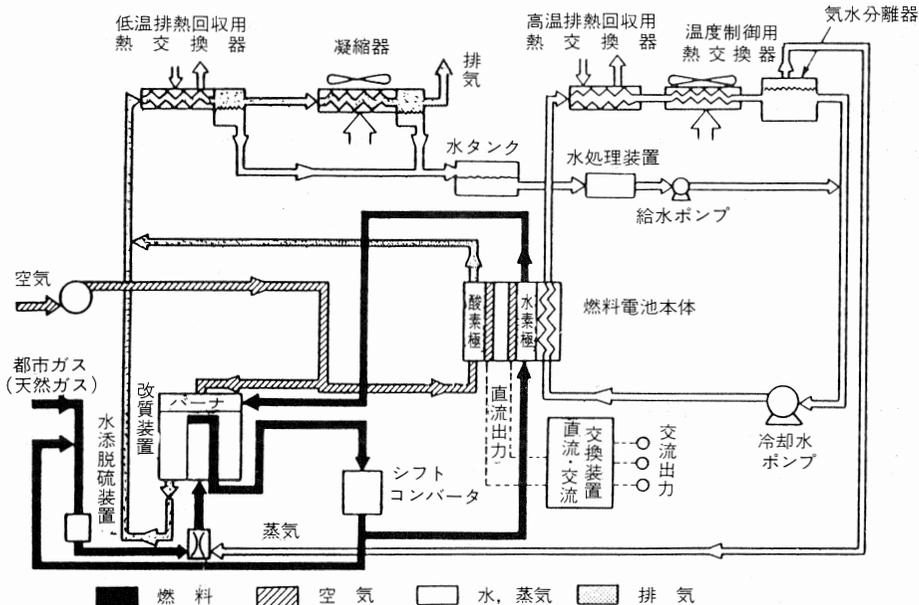


図-7 PC-18型燃料電池システムフロー

表4 PC-18型 燃料電池運転実績 (S 61.6.30 現在)

試験場所	プロト機		改良機	
	技術研究所	キンダークラブ鶴見	ガスバビリオン	第一イン池袋
運転開始	S57.3	S59.5	S59.12	S61.2
運転時間	1,211時間	773時間	4,827時間	2,295時間
	計 1,984時間		計 7,122時間	
最長連続運転時間	294時間	333時間	1,579時間	945時間

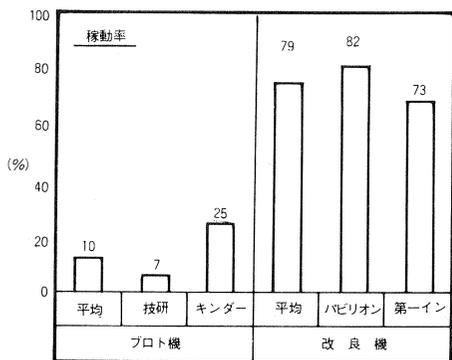


図-9 PC-18型燃料電池の稼働率

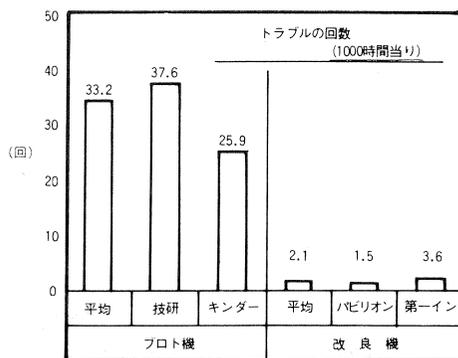


図-10 PC-18型燃料電池のトラブル回数

省エネルギー性や経済性の向上を図るには、建物新設時の設計段階から燃料電池を組込んで負荷率の向上をねらったシステムが構成できれば理想的ではあるが、実際は燃料電池を既存システムに組込むケースも多いと予想される。したがって、既存設備に簡単に組込むことのできるシステムを確立していくことも今後の重要な課題になるのと思われる。

4. おわりに

燃料電池コジェネレーションはエネルギーの有効利用を図るための優れた手段であり、またエネルギーを消費する様々な業種に対して広く適用できる柔軟性も備えたエネルギー変換システムである。

リン酸型燃料電池については実証機のフィールドテ

ストができ、ようやく商品化一歩手前のところまで開発が進められてきた。現状では長寿命化やコスト低減などの課題を抱えているが、技術開発によりこれらの壁を乗り越え、この魅力的なシステムが一日も早く実用化されることを期待したい。

参考文献

- 1) 東京ガス、大阪ガス、東邦ガス；需要先設置型燃料電池に関する技術調査報告書（1984）
- 2) GRI 資料
- 3) リン酸型燃料電池発電技術の将来展望 第一報、(1985)、通産省工技院大型省エネルギー技術（燃料電池発電技術）研究開発推進会議・経済性評価ワーキンググループ

