

特集

発電技術の最近の動向

燃料電池複合発電技術の開発

Development of Fuel Cell Combined Power Generation Technology

高塚 汎*

Hiromu Takatsuka

1. はじめに

近年、化石燃料使用量抑制や、CO₂排出量低減のため、高効率発電技術に対するニーズが従来以上に高まってきた。

21世紀に実用化が期待されている高効率発電技術の一つとして、燃料の化学エネルギーを直接電気エネルギーに変換する燃料電池複合発電技術がある。

燃料電池は主要構成部材である電解質の種類により種々の型式の電池があり、それぞれ開発が進められている。当社は長期耐久性に注目し、電解質が固体である、固体電解質型燃料電池と固体高分子型燃料電池の開発を進めている。

ここでは、これら燃料電池の特徴、開発状況を述べ、実用化への展望を紹介する。

2. 燃料電池の種類と基本的特徴

燃料電池としては電解質が液体であるりん酸型燃料電池 (PAFC : Phosphoric Acid Fuel Cells)・溶融炭酸塩型燃料電池 (MCFC : Molten Carbonate Fuel Cells) 等と、電解質が固体である固体電解質型燃料電池 (SOFC : Solid Oxide Fuel Cells)・固体高分子型燃料電池 (PEFC : Polymer Electrolyte Fuel Cells) の開発が進められている。これら燃料電池の基本的特徴および適用分野を表1、2に示す。

この中でSOFCはガスタービンとの複合による事業用火力代替、コージェネレーションを含む分散型電源として、また作動温度が低く取扱いが容易なPEFCは中小規模コージェネレーション、可搬電源や自動車用動力源としての適用が期待されている。

3. 固体電解質型燃料電池 (SOFC)

3.1 SOFCの基本的な特徴

SOFCはガスタービンとの複合発電により高い発電効率が得られること、構成材がセラミックスであり電解液を用いる他型式の燃料電池に比べ信頼性が高いこと等を基本的特徴とし、小規模のものからガスタービンとの複合発電用の大規模のものまで広範囲の用途に適用できる。

以下にSOFCの基本的特徴を示す。

(1) 発電効率が高い。

ガスタービンとの複合発電とすることにより高効率発電 (~65%) が可能である。

(2) 自家発/コージェネレーションプラントにも適する。

排ガス熱交換器を設置することにより、任意条件の蒸気および温水が得られ、コージェネレーションプラントとしても優れている。

(3) 環境適合性が高い。

SO_x, NO_xおよびばいじん排出量は少なく、騒音および振動の問題はなく運転は静かである。ガスタービンとの複合発電により、温排水量を低減することができる。

(4) 所要スペースが小さい。

プラントはコンパクトであり、ビル用電源および都市分散電源/コージェネレーションプラントや、既設火力のリプレースに最適である。

(5) 耐久性が高い。

構成部材は全てセラミックスであり、液体電解質を用いる他の燃料電池に付随する腐食および電解質の蒸発などの問題がなく、本質的に耐久性が高い。

3.2 SOFC発電システム

SOFCを用いた発電システムは常圧システムから加圧システムまで各種方式 (図-1参照) が考えられる。

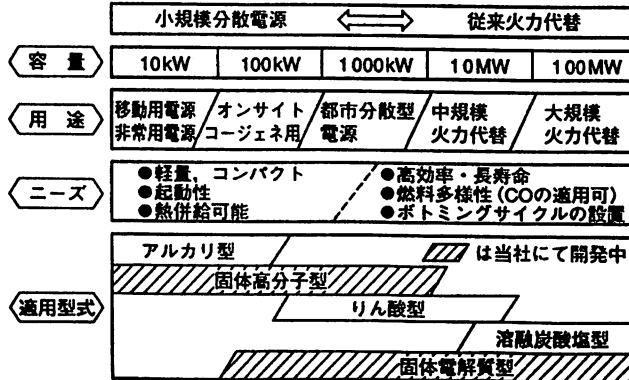
* 三菱重工業(株)原動機事業本部原動機技術センター
新製品開発部長

〒220-8401 横浜市西区みなとみらい3-3-1

表1 各種燃料電池の基本的特徴

	固体高分子型 燃料電池 (PEFC)	りん酸型 燃料電池 (PAFC)	熔融炭酸塩型 燃料電池 (MCFC)	固体電解質型 燃料電池 (SOFC)
作動温度 (°C)	常温~100	150~200	600~650	900~1000
作動イオン	水素イオン(H ⁺)	水素イオン(H ⁺)	炭酸イオン(CO ₃ ²⁻)	酸素イオン(O ²⁻)
燃料	水素	水素	天然ガス, 石炭など	天然ガス, 石炭など
電解質	イオン交換膜	りん酸	炭酸塩	ジルコニア

表2 燃料電池の適用分野



SOFCは高温 (900~1000°C) で作動するので, 加圧SOFCをトッピングとするガスタービン複合発電プラントでは, SOFCからの未燃焼分を含む排ガスおよび余剰空気をガスタービンの燃料および空気とすることにより, 高い発電効率 (天然ガス: 65%以上, 石炭ガス化ガス: 55%以上) が得られる。また, 常圧SOFCと蒸気タービンとの複合発電プラントでも高い発電効率 (天然ガス: 58%以上) を得ることができる。さらに, 都市ガスを燃料とする数100kW級の加圧SOFCとガスタービンを組合わせたコージェネレーションシステムでも高い発電効率 (50%以上) が期待できる。

石炭ガス化ガス利用加圧SOFC/ガスタービン/蒸気タービン複合発電プラントの例を図-2に, 都市ガス利用加圧SOFC/ガスタービンコージェネレーションプラントの例を図-3に示すが, いずれのプラントもコンパクトであり, 既設火力のリプレースやビル用電源および都市ガス分散電源などに最適である。

3.3 国内外および当社の開発状況

SOFCは電解質の形状により円筒型と平板型に分類され, それぞれ開発が進められている。(表3参照)

当社は円筒型SOFCおよび一体積層型 (平板型) SOFCの開発を行っている。円筒型SOFCはセルチューブ毎に独立した構造であり, 信頼性を確保しやすい構造であり, 電源開発(株)との共同研究にて加圧10kW

表3 SOFC開発状況

型式	開発状況		
	容量	開発年	開発担当社
円筒型	25kW級	1992年	大阪ガス/東京ガス/Westinghouse
	10kW級	1994年	電源開発/三菱重工
	1kW級	1997年	九州電力/TOTO
	100kW級	1998年	EDB/ELSAM/Westinghouse
	加圧10kW級	1998年	電源開発/三菱重工
平板型	5kW級	1995年	Siemens
	5kW級	1995年	東燃
	2kW級	1996年	三洋電機
	5kW級	1996年	中部電力/三菱重工
3kW級	1997年	富士電機	

級モジュールの開発・運転検証を実施し, 次ステップとして100kW級システムを開発予定である。一体積層型SOFCは出力密度が高くコンパクトで量産性に優れており, 中部電力(株)との共同研究にて5kW級電池の発電評価を実施し, 次ステップとして常圧数10kW級モジュールを開発中である。

3.4 SOFC実用化への展望

SOFCの実用化に対する開発要素には以下の項目が挙げられる。

(1)モジュール大型化

大型モジュールによる性能と信頼性の検証。

(2)内部改質

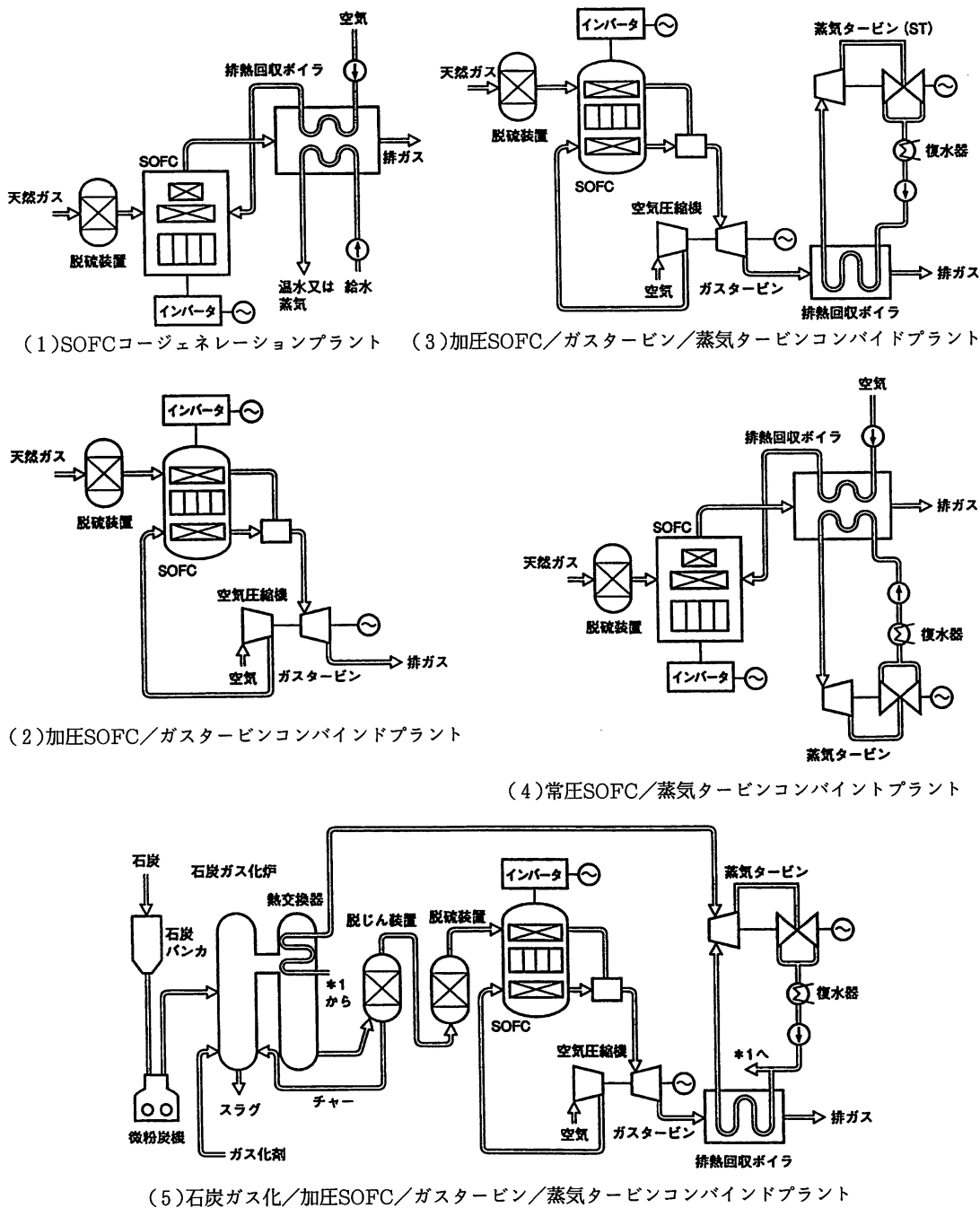


図-1 各種SOFC発電システム

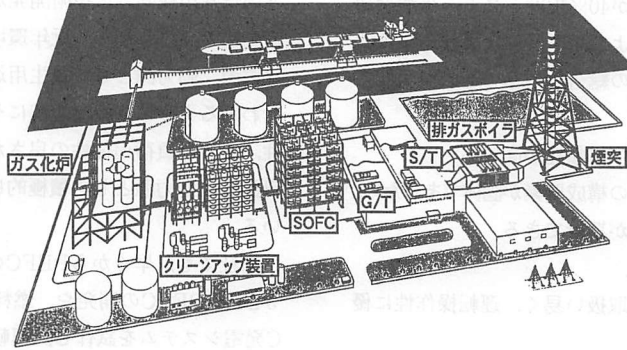


図-2 300MW級石炭ガス化SOFCコンバインドプラント

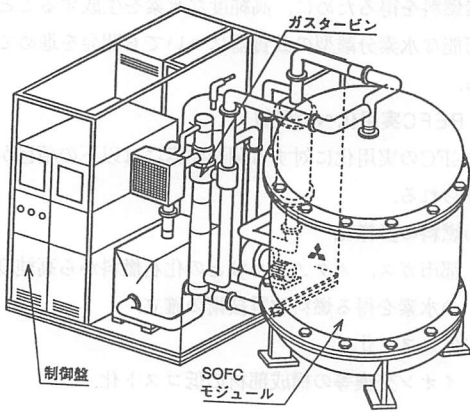


図-3 数100kWSOFCコージェネレーションシステム

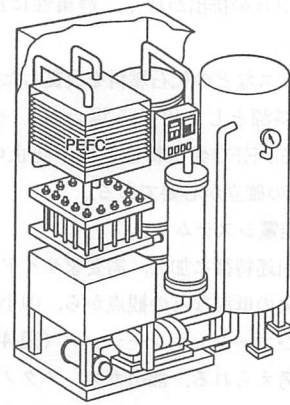


図-5 3kW級家庭用PEFC発電システム

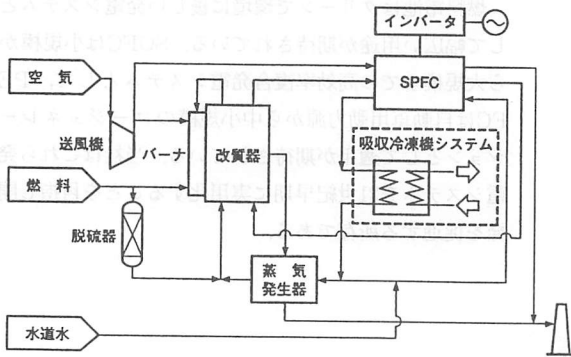


図-4 PEFCコージェネレーションシステム

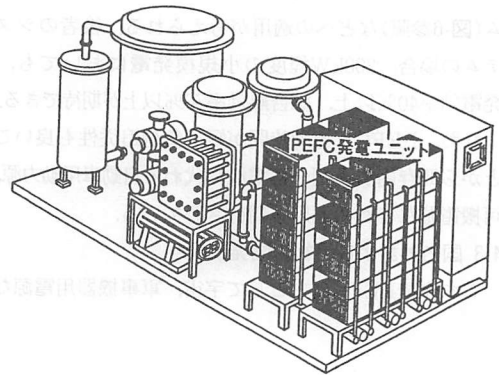


図-6 200kW級PEFC発電システム

内部改質技術の確立と、大型モジュールによる検証。(内部改質：燃料電池容器内部にて天然ガス(都市ガス： CH_4)を燃料電池の燃料として使用できる水素(H_2)や一酸化炭素(CO)に改質する。)

(3)実用化

数100kW級小規模分散電源／コージェネレーションプラントの早期実用化と大型化対応技術の蓄積

4. 固体高分子型燃料電池 (PEFC)

4.1 PEFCの基本的な特徴

PEFCは高分子膜を電解質とした低温作動(常温～ 100°C)の燃料電池であり、次のような基本的特徴を持つ。

- (1)発電効率が低い。

小規模でも発電効率が40%程度と高く、電池冷却水の温排水を給湯および冷暖房などに使用することにより、70%以上の総合熱効率の達成が可能である。

(2) 構成要素は全て固体で信頼性が高い。

電解質を含む発電部の構成要素が固体であるため、高い信頼性と長寿命が期待できる。

(3) 取扱いが容易である。

低温で作動するため取扱い易く、運転操作性に優れる。

(4) 環境適合性が高い。

SO_x, NO_xの排出がなく、静粛性に富み、環境性が良い。

なお、天然ガスなどの化石燃料を改質した水素燃料をPEFCの燃料源として用いる場合は、一酸化炭素(CO)によるPEFC発電特性の低下防止のために、CO除去技術の確立が必要である。

4.2 PEFC発電システム

PEFCは前述特徴に加え、需要家サイドでの発電による送電損失の低減などの観点から、中小規模の分散型電源およびコージェネレーション(図-4参照)に最適な電源と考えられる。都市ガス、メタノールなどの化石燃料を改質して得た水素を燃料源とする家庭用の3kW級PEFC発電システム(図-5参照)、中小規模コージェネレーションとして200kW級PEFC発電システム(図-6参照)などへの適用が考えられる。後者のシステムの場合、200kW程度の小規模発電においても、発電効率40%以上、総合熱効率70%以上が期待できる。

なお、PEFCは起動時間が短く負荷追従性も良いことから既存内燃機関や蓄電池に代わる自動車用動力源、可搬電源などへの適用も期待されている。

4.3 国内外および当社の開発状況

これまでPEFCは主として宇宙、軍事機器用電源な

どの特殊用途向けに技術開発が進められてきたが、環境問題の高まりから、近年環境保全性の高いクリーンな電源、動力源として民生用途への適用開発が急速に行われるようになった。特にその小型高効率な発電特性、および負荷追従性の良さから、欧米では次世代の自動車用動力源として積極的に技術開発が進められている。

当社でも、早くからPEFCの特徴・利点に着目し、5kW級PEFCの開発や、燃料改質器と組合せたPEFC発電システムを試作し、運転試験などを実施してきた。さらに天然ガスなどの化石燃料から燃料源となる水素燃料を得るために、高純度な水素を生成することが可能な水素分離型の改質器についても開発を進めている。

4.4 PEFC実用化への展望

PEFCの実用化に対する開発要素には以下の項目が挙げられる。

(1) 燃料の多様化

都市ガス、メタノールなどの化石燃料から高純度の水素を得る燃料改質技術の確立。

(2) 低コスト化

イオン交換等の構成部材の低コスト化。

5. おわりに

燃料電池はクリーンで環境に優しい発電システムとして幅広い用途が期待されている。SOFCは小規模から大規模までの高効率複合発電システムとして、PEFCは自動車用動力源から中小規模のコージェネレーションとして適用が期待されている。当社はこれら発電システムを21世紀早期に実用化することを目指し開発を促進する所存である。