

FACILITY SCIENCE

ファシリティマネジャーのための科学的基礎知識

ファシリティ・サイエンス

連載第15回
近未来の電力
燃料電池の科学

家庭用電源システムとしても発売が始まった燃料電池 多様なタイプのオフィスビルでも利用が可能な時代に

東京ガス株式会社では、2005年2月から家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの販売を開始しました。水素と酸素の化学反応によって電気を生み出す燃料電池は、大気汚染物質を発生しないだけでなく、「騒音、振動が少ない」「小容量でも発電効率が高い」といったメリットを持つ理想的な電源といわれています。しかしこれまでは、比較的容量が大きく、起動・停止が難しいタイプのものの開発が中心だったため、その利用領域は限定されていました。今回、世界で初の家庭用固体高分子電解質形燃料電池(PEFC)コージェネレーションシステムが実用化されることで、小規模なオフィスなどでも新しい電源として採用できる可能性は大きく広がったといえます。ファシリティ・サイエンスでは、ビル用の設備としても注目され始めている燃料電池の仕組みや特徴と、その未来像について、東京ガスのご担当者にお話を伺いました。



東京ガス株式会社 R&D企画部 R&D企画グループ チームリーダー 岡村 潔氏
東京ガス株式会社 R&D企画部 R&D企画グループ 岡本 元太氏



「ファシリティ・サイエンス」下記バックナンバーは<http://www.websanko.com>をご覧ください。

- | | |
|-------------------------------|--------------------------------|
| 04年10月号 第14回 輻射式冷暖房の科学 | 03年 3月号 第7回 セキュリティの科学 |
| 04年 7月号 第13回 建築物の環境性能評価システム | 02年11月号 第6回 消防用設備(スプリンクラー)の科学 |
| 04年 4月号 第12回 椅子の科学 | 02年 9月号 第5回 エレベーター(昇降機)の科学 |
| 03年11月号 第11回 ガラスの科学 | 02年 7月号 第4回 リスクマネジメント(地震対策)の科学 |
| 03年 9月号 第10回 バランスド・スコアカードの科学 | 02年 5月号 第3回 水(トイレ)の科学 |
| 03年 7月号 第9回 分煙の科学 | 02年 3月号 第2回 温感(空調)の科学 |
| 03年 5月号 第8回 あかりによるオフィス空間の生かし方 | 02年 1月号 第1回 あかり(照明)の科学 |

家庭、自動車、モバイル(パソコンなど)の新電源となる 新しい燃料電池が実用化の時代を迎える

.....新しく発売される家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの概要を
教えていただけますか?

燃料電池には、電解質の種類によって「りん酸形」「熔融炭酸塩形」「固体酸化物形(SOFC)」「固体高分子形」などのタイプがあります。今回開発したシステムは、固体高分子形の燃料電池(PEFC: Polymer Electrolyte Fuel Cell)で発電し、電気を家庭用電源に、そして同時に発生する熱で沸かしたお湯を給湯や風呂、シャワー、暖房、衣類乾燥などに使用する仕組みになっています。

.....「固体高分子形」の燃料電池(PEFC)にはどんな特徴があるのですか?

最大の特徴は作動温度が低いということでしょう。これまで実用化されてきた他のタイプの燃料電池は、運転や管理に特別な技術が必要になりますから、家庭用など規模の小さい電源には向かないと言われてきました。しかしPEFCは、取り扱いも簡単ですし、安全性も高いといえます。

もう一つ、常温でも作動するため、始動にあたって加熱しなくてもいいという特徴があるため、装置を小型・軽量化できるのに加え、電力の需要のあるときだけ使用するという起動・停止運転が可能になります。このことで初めて、需要に合わせた発電ができるようになったのです。ちなみに、開発が急ピッチで進められている燃料電池自動車やモバイル機器の電源などでもPEFCを採用しています。

燃料電池の種類

	りん酸形燃料電池 Phosphoric Acid Fuel Cell (PAFC)	熔融炭酸塩形燃料電池 Molten Carbonate Fuel Cell (MCFC)	固体酸化物形燃料電池 Solid Oxide Fuel Cell (SOFC)	固体高分子形燃料電池 Polymer Electrolyte Fuel Cell (PEFC)
電解質	りん酸	Li Na / K系炭酸塩	ジルコニア系セラミックス	高分子電解質膜
作動温度	150~200	650~700	750~1000	常温~90
発電効率(HHV)	36~38%	40~50%	40~50%	30~35

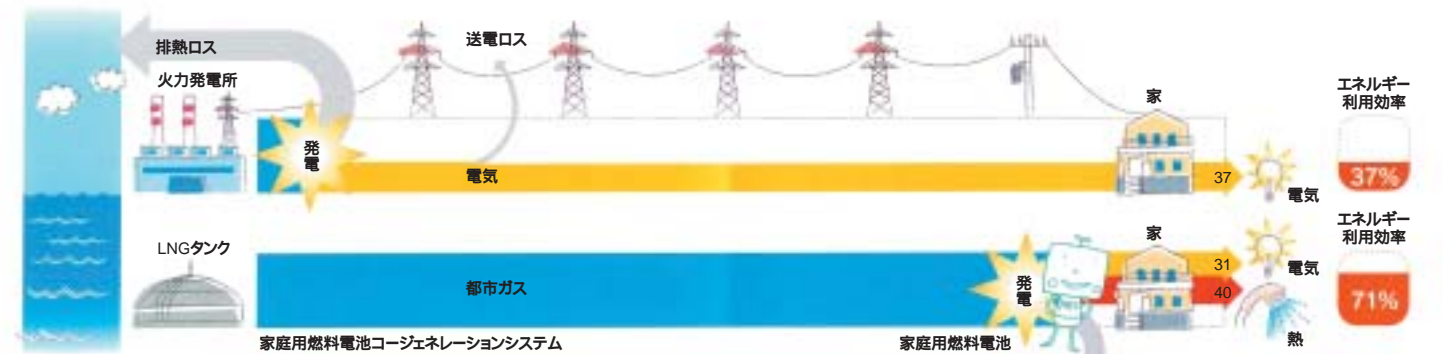
.....東京ガスが燃料電池の開発に取り組んできたのはどうしてなのですか?

第一には国のエネルギー政策に深く関わってきた企業として新しいエネルギー源の開発を支援する意義があると考えたからです。このため、国家プロジェクトや民間の共同プロジェクトに参画し、さまざまなタイプの燃料電池を開発してきました。

第二に、燃料電池は私たちの供給している都市ガスを燃料にできるので、エネルギーインフラの最適化を進めるためにも「ユーザーの近くで発電が可能な分散型エネルギーシステム」の開発が必要だと考えました。現在、事業用や生活用に使っている電気は、遠く離れた発電所でつくられ、送電線によって運ばれます。この過程で多くのエネルギーロスが生じるのです。

たとえば火力発電所の場合、電気と同時に発生する熱はほとんど利用できな

従来の電力システムと家庭用燃料電池システムのエネルギー利用効率



ファシリティ・サイエンス はやりわかりメロ

CO₂排出量を抑え、環境負荷を削減する効果がある燃料電池は普及が期待されるエネルギー源。東京ガスが世界初となる固体高分子形燃料電池(PEFC)による家庭用燃料電池コージェネレーションシステムを発売。電気と熱を合わせた総合エネルギー利用率は71%で、火力発電所から送電される電力の37%を大きく上回る。電力事業用からモバイル機器用までラインアップの揃ってきた燃料電池。家庭用に続き、今後はオフィスビル用の燃料電池コージェネレーションシステムも普及が進む見込み。

いので捨てるしかありませんし、送電中にも発熱などによって電気は失われていきます。その結果、家庭で実際に利用できる電力は、もともと発電に使われる燃料の持つエネルギー量のわずか37%(火力発電所の平均値)にすぎないのです。

しかし燃料電池コージェネレーションシステムであれば、タンカーで運ばれてきたLNG(液化天然ガス)はそのままだ都市ガスとしてユーザーのところまで送られます。そしてその燃料の熱量のうち31%が電気、40%が熱として利用できますから、総合的にみればエネルギー利用率は71%と非常に高いのです。

水しか出さず、CO₂排出量も少ない 環境にやさしいエネルギーシステム

.....エネルギー利用率が高いシステムが普及すれば、環境への負荷を少なくすることができますね。

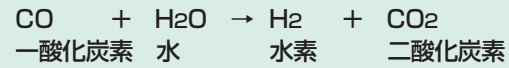
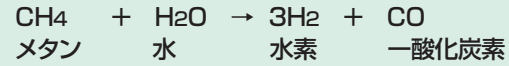
燃料電池が環境にやさしいといわれるのは、エネルギー利用率が高いだけ理由ではありません。発電方式としては水素と空気中の酸素の化学反応によって電気エネルギーを生み出しますから、排出されるのは水だけであり、環境に悪いものはいっさい出てきません。もちろん騒音や振動もほとんどないので、住宅やマンション、そしてもちろん町中のオフィスビルなどに設置してもまったく問題はないのです。

さらに発電時のCO₂排出量の比較でも、燃料電池1kwh発電時の発電量(1kwh)と熱回収量(1.3kwh)を、従来システム(火力発電+従来給湯器)でまかなったケースと比較すると、約40%CO₂の排出を削減することができるのです。

たとえば、戸建て住宅に住む4人家族を想定してCO₂排出量の違いをシミュレーションしてみた結果、1年間で約1300㎡の森林が吸収する量を削減できることがわかりました。

.....都市ガスで燃料電池を運転する仕組みについて、詳しく教えていただけますか?

都市ガスの主成分はCH₄の構造を持つメタンです。これに「燃料処理装置」で水と熱を加え、水素と二酸化炭素に改質します。化学反応としては次のようになります。

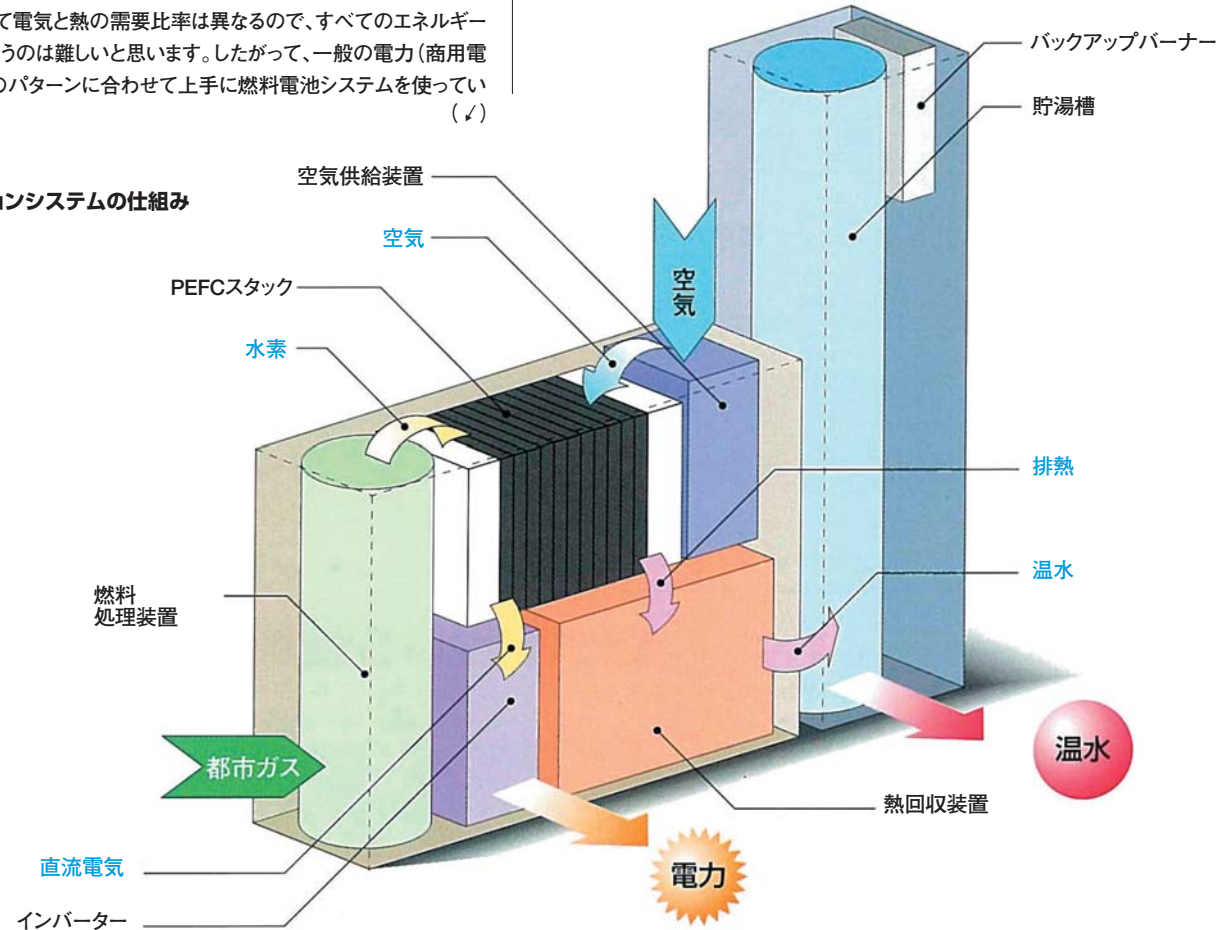


そしてこの水素を燃料電池本体であるPEFCスタックに送り、空気中の酸素と化学反応を起こさせて電気エネルギーを得ます。またそのとき発生する熱で温水をつくり、給湯に利用するのです。

……家庭用燃料電池コージェネレーションシステムは電力需要のすべてをまかなえるのですか？

コージェネレーションシステムの場合、電気と熱が一定の比率で発生します。一方で、季節によって電気と熱の需要比率は異なるので、すべてのエネルギーを燃料電池でまかなうのは難しいと思います。したがって、一般の電力(商用電源)と併用し、生活のパターンに合わせて上手に燃料電池システムを使っている(√)

家庭用燃料電池
コージェネレーションシステムの仕組み



(√) ただくことでエネルギーコストの節約ができますし、環境への負荷も減らせるのです。

これからはオフィスの電源としても
燃料電池が目目されるようになる！

……今回は家庭用のシステムとして製品化されましたが、将来的にはオフィスビル用の燃料電池も普及してくるのでしょうか。

可能性は大いにありますね。すでにりん酸形の燃料電池は民生用や産業用

のコージェネレーションシステムとして実用化されており、比較的規模の大きいビルや、複合開発の地域用エネルギー源として普及が進んでいます。これに、小規模で利用状況に応じてフレキシブルな運転のできるPEFCや発電効率がさらに高いSOFCがラインアップとして加わることにより、さまざまなタイプのオフィスで燃料電池を使えるようになっていくはずですよ。

ただそのためには、燃料電池本体の技術革新をさらに進めていくだけでなく、ユーザーのニーズに合わせたエネルギー供給システムとしての製品開発が必要になってくるでしょうね。たとえば、オフィスであれば家庭ほどにはお湯は使わないでしょうから、SOFCの様な電気の比率が高いシステムの方がより適しているかもしれません。

いずれにしろ、これからは燃料電池が、私たちのまわりに普通にある電源になっていくのはたしかです。燃料電池自動車はガソリン自動車に代わる可能性があるし、ノートパソコンや携帯電話も燃料電池によって長時間の使用が可能になると期待されています。そしてもちろん、オフィスビルにも燃料電池が標準設備となる時代はそんなに遠くはないでしょう。

●燃料電池の基礎知識

■電池には多くの種類がある

電池 (cell) とは「電極間に電位差を生じさせて十極、一極とし、電気エネルギーを取り出す装置」だと定義される。たとえば1800年にボルタが発明した世界最初の電池では、亜鉛と銅の板をリード線をつないで希硫酸に浸した。すると亜鉛が硫酸に溶けるときに陽イオンとなるため電子がとり残される。亜鉛板は銅板と接続されているので、過剰になった電子は銅側に流れ、そのときに電流が生じる。この場合、亜鉛が一極、銅が十極になる。

ちなみに電子の動きと電流の方向が逆なのは(電流は十極から一極に流れると定義される)、電気の研究が始まったときはその仕組みが完全にはわからなかったためだ。

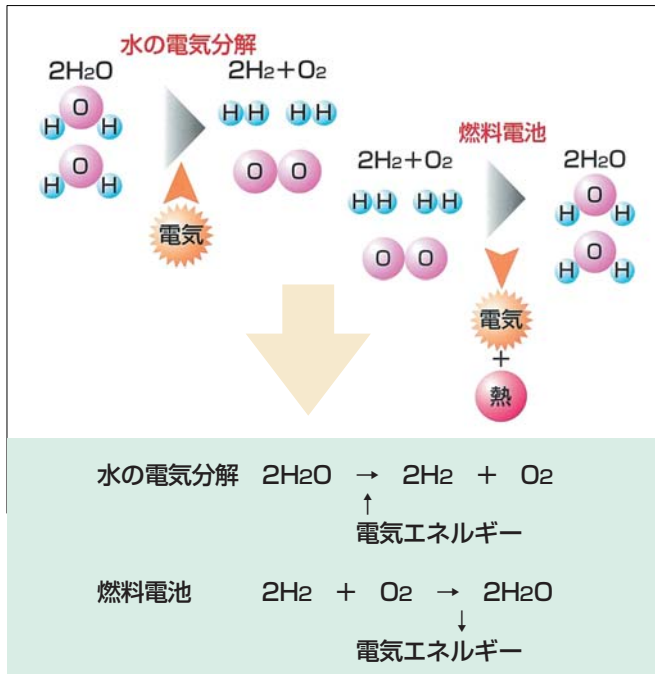
ボルタ電池のように電極物質の溶けやすさ(イオン化傾向=イオンになりやすさ)の差を利用する仕組みは、現在、最も一般的な乾電池(マンガン電池やアルカリ電池)でもまったく変わらない。ただ、希硫酸と同じ働きをする溶媒(電解質)を「のり状」にし、こぼれないようにしているため「乾」電池と名付けられた。

一方、自動車などに使われるバッテリー(蓄電池)は、電極はどちらも鉛だが、充電することで化学変化を生じ化学ポテンシャルとしてそのエネルギーを蓄える。蓄えられたエネルギーを取り出すには電極をリード線で接続してやれば良い。モバイル機器に使われるリチウム電池やニッケル水素電池も含め、充電可能な電池を二次電池、乾電池やボルタ電池のような一度しか使用できないものを一次電池と呼ぶ。

水素を供給し発電する燃料電池

燃料電池も化学反応を利用して発電を行うが、その仕組みは乾電池や充電電池とは少し異なる。

発電の原理は、水の電気分解とまったく逆の反応をさせることで電気エネルギーを生じさせる。



構造としては、電極(燃料極と空気極)の間に電解質をはさんでおり、この電解質は水素イオン(H+)は通しやすいものの、酸素分子や水素分子は通りにくい性質になっている。このため燃料極(水素極とも呼ばれる)に電子が残り、空気極(酸素極とも呼ばれる)と接続することで電気が流れるのである。

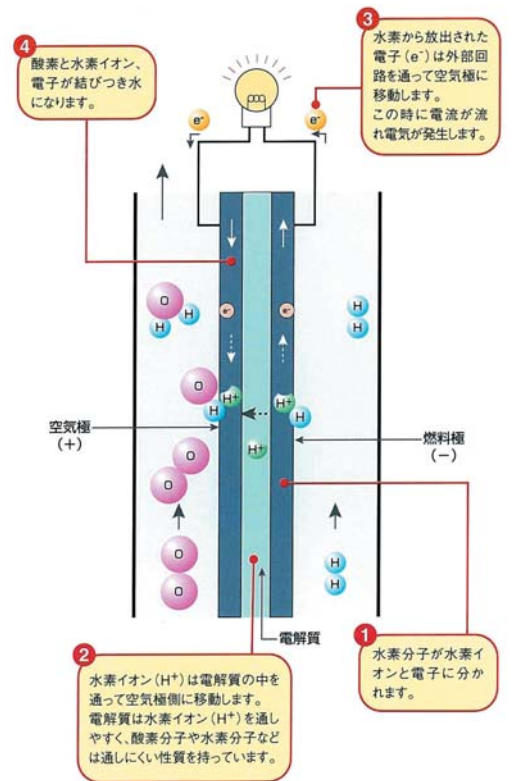
したがって、燃料として水素を供給し続ける限り、空気中の酸素と反応し、継続的に電気エネルギーを得ることができる。

燃料電池の歴史は古く、200年前にはその原理が発見されていた。しかし電極や電解質に最適な物質がなかなか見つからなかったため、より単純な仕組みの蒸気機関やエンジンのほうが普及し、研究は進まなかった。初めて実用化されたのは1960年代で、米国がジェミニやアポロなどの宇宙船用電源装置として搭載したのが最初だ。使用できる酸素に限りがある宇宙空間では、発電効率がよく故障の可能性の少ない燃料電池のほうが有効だと考えられたのである。

その後、電源の多様化へのニーズや環境問題への関心の高まりから燃料電池の開発は加速し、米国だけでなく日本や欧州で研究が進んだ。現在、すでに日本では合計で約5万kWの電気が燃料電池から生まれているが、資源エネルギー庁長官の私的諮問機関「燃料電池実用化戦略研究会」の報告によれば、2020年には定置用燃料電池だけでも総発電容量を1000万kWにする目標が掲げられている。

燃料電池の仕組み

(「水素」と「酸素」の化学反応を利用して、その場で電気をつくる発電システムです)



未来のエネルギー源「燃料電池」

燃料電池は「燃焼」を必要としないため大気汚染物質が出ないというメリットを持つ。またエンジンやタービン発電機のような騒音や振動もなく、どこにでも設置できるところが従来の発電プラントとの最大の違いだ。しかも水素を供給すれば、ほぼ永久に使用できる。

水素はさまざまな形で製造、輸送、貯蔵が可能だ。東京ガスが発売する燃料電池コージェネレーションシステムでは、すでに家庭まで届いている都市ガスを利用する。改質器や燃料電池本体を含めた装置の大きさはエアコンの室外機とほぼ同じであり、住宅やマンションでも設置上の問題はない。

さらに、2004年6月に東芝が開発を発表した世界最小の燃料電池システムは、親指大のユニットの中にメタノールタンクと改質器、電池を内蔵することに成功した。パーソナルオーディオプレイヤーなら20時間は駆動できるという。

数年前まで、燃料電池は「環境にやさしいエネルギー源」としての価値だけが主に注目されていたが、電力事業用の大規模なものからモバイル機器用まで、さまざまな大きさの燃料電池が開発されていくことで、「利用目的に合った便利なエネルギー源」としても将来性が期待されるようになってきた。それだけに、今後は家庭やビジネスのあらゆる場面に普及するものとみられている。