

地球温暖化防止に貢献する家庭用燃料電池 エネファーム

ENE・FARM Residential Fuel Cell System Contributing to Global Warming Prevention

中島 良 小川 雅弘 宮原 秀夫

■ NAKAJIMA Ryo ■ OGAWA Masahiro ■ MIYAHARA Hideo

2005～2008年度に実施された国の大規模実証事業で、累積748台の高効率で高い二酸化炭素(CO₂)削減効果が期待できる家庭用燃料電池システムを全国の家庭に設置し、性能や信頼性の検証とともに低コスト化のための改良を積み重ねてきた。

今回、これらの結果に基づき、国内市場向けの新機種エネファーム^(注1)を商品化した。このシステムは、都市ガス又はLP(液化石油)ガスを原燃料とした1kW級のコージェネレーションシステムで、家庭に電気と温水を効率良く供給できる。省エネ性を最大限に発揮できる学習制御プログラムを備え、低騒音、軽量、コンパクト、容易なメンテナンスなど設置しやすさを配慮して設計している。

Residential fuel cell systems are a promising means of reducing carbon dioxide (CO₂) emissions due to their high efficiency. A total of 748 residential fuel cell systems have been installed in individual houses throughout Japan as part of a national project for implementation of a large-scale field demonstration test from FY2005 to 2008. The performance and reliability of the systems are being improved every year, with reductions in production costs concurrently being promoted.

A new 1 kW-class residential fuel cell cogeneration system called ENE・FARM has now been released in the domestic market. This system uses city gas or liquefied petroleum gas as a fuel, and can supply electricity and hot water to a house with high efficiency. In addition, it incorporates a learning-control program that allows the energy-saving rate to be maximized for each house, and has a low-noise, compact, and lightweight design that takes easy installation and maintenance into consideration.

1 まえがき

地球温暖化防止対策の一つとして、近年増加を続けている民生部門からのCO₂排出量を削減するため、国の政策による支援の下、省エネ家電への買替え推進や再生可能エネルギーの導入促進策などが進められている。家庭用燃料電池システムは、その高い省エネ性や環境適合性から、家庭でのCO₂排出量削減対策として期待が高い。

東芝は、1970年代から定置用燃料電池の開発を行っており、独自の電池技術やシステム技術など、広く技術を蓄積し深耕してきた。特に、固体高分子形(PEFC)の家庭用燃料電池について、2005～2008年度に行われた経済産業省による「定置用燃料電池大規模実証事業」に複数のエネルギー事業者と共同で参画した。累計で748台の実証機を北海道から沖縄まで全都道府県に設置して実証運転を行い、機器の性能改善や商品性向上に努めてきた⁽¹⁾。今回、東芝燃料電池システム(株)は、これらの成果を集大成して家庭用燃料電池“エネファーム”を商品化し、政府の補助金を受けて、2009年度からエネルギー事業者や住宅メーカーを通じて供給を開始した。

ここでは、このシステムの概要と特長、及びこれを実現するための技術について述べる。

2 エネファームの概要と仕様

エネファームの外観を図1に、家庭での設置イメージを図2に示す。家庭用燃料電池は、都市ガスやLPガスなどを供給すると、家庭に電気と温水を供給できる一種の分散型発

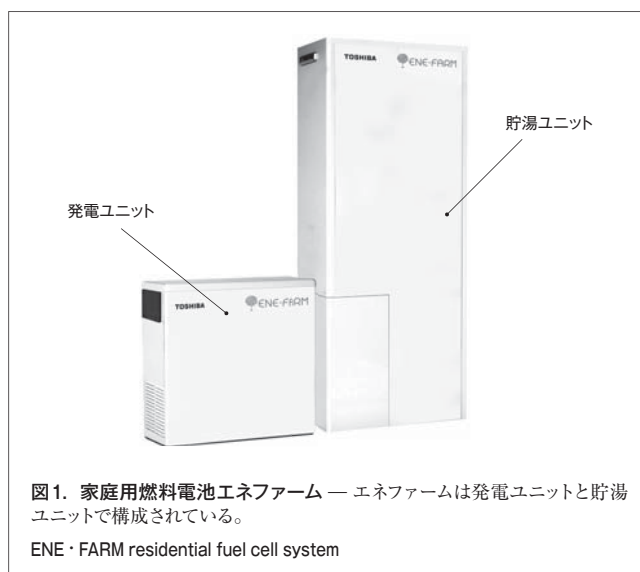


図1. 家庭用燃料電池エネファーム — エネファームは発電ユニットと貯湯ユニットで構成されている。

ENE・FARM residential fuel cell system

(注1) 家庭用燃料電池コージェネレーションシステムの国内業界統一名称。

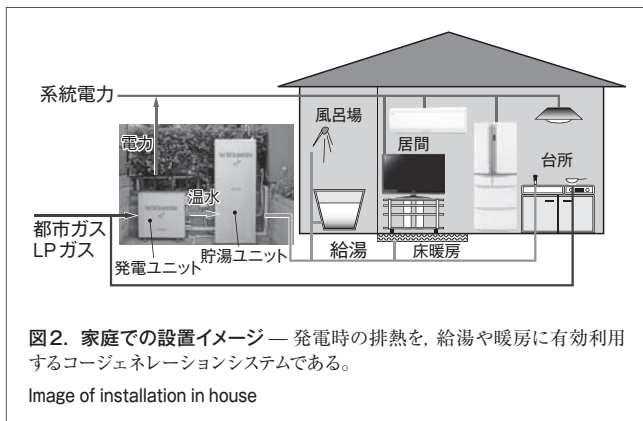


図2. 家庭での設置イメージ — 発電時の排熱を、給湯や暖房に有効利用するコージェネレーションシステムである。

Image of installation in house

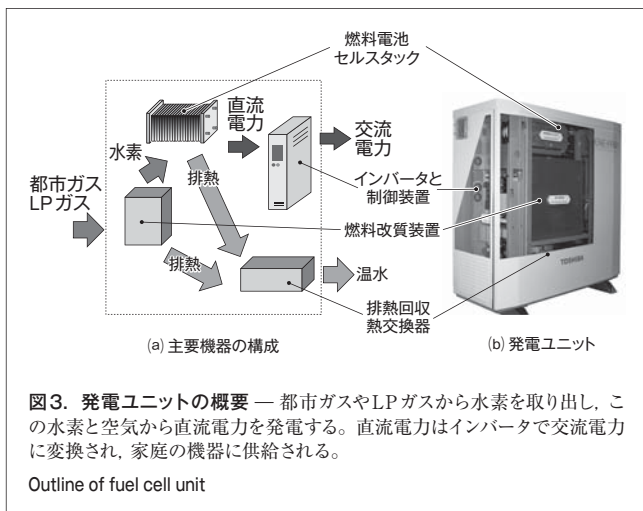


図3. 発電ユニットの概要 — 都市ガスやLPガスから水素を取り出し、この水素と空気から直流電力を発電する。直流電力はインバータで交流電力に変換され、家庭の機器に供給される。

Outline of fuel cell unit

電装置である。また、これは発電に伴う排熱を家庭の給湯や暖房に有効利用するコージェネレーションシステムで、エネルギーの有効活用ができ、発電ユニットと温水をためる貯湯ユニットから成る。

発電ユニットの概要を図3に、主な仕様を表1に示す。

発電ユニットは、原料から水素を取り出す燃料改質装置、水素と空気から直流電力を発電する燃料電池セルスタック、直流電力を交流電力に変換するインバータや制御装置、排熱回収用の熱交換器などから成る。また、貯湯ユニットは、燃料電池からの排熱を60℃レベルの温水として回収と貯湯を行い、家庭内の給湯、風呂、シャワー、床暖房などの熱需要に温水を供給する。貯湯ユニットは追いだし機能を備えており、湯切れの心配なく常に温水を安定して供給できる。

出力は、当初から定格を700Wと設定して開発を進めてきた。これは、日常生活でのエネルギー消費量を検討して得られた、日本の平均的な4人家族の場合、約700W定格機が燃料電池からのエネルギーをもっとも効率良く使えるという分析結果に基づいている。家庭内での需要が定格出力よりも大きい場合、その差分が系統から供給される。

図4に示すように、都市ガスなどの燃料が持つ化学エネ

表1. 主な仕様

Main specifications of ENE・FARM

| 項目 | 仕様 | |
|------|--------------|-------------------------------------|
| 定格出力 | 700 W | |
| 燃料 | 都市ガス、LPガス | |
| 発電効率 | 都市ガス | 36% LHV以上 |
| | LPガス | 35% LHV以上 |
| 総合効率 | 都市ガス | 86% LHV以上 |
| | LPガス | 85% LHV以上 |
| 騒音 | 40 dB (A) 以下 | |
| 運転制御 | 自動、手動 | |
| 貯湯容量 | 200 L | |
| 外形寸法 | 発電ユニット | 890 (幅) × 300 (奥行き) × 895 (高さ) mm |
| | 貯湯ユニット | 750 (幅) × 440 (奥行き) × 1,900 (高さ) mm |
| 乾燥質量 | 発電ユニット | 104 kg |
| | 貯湯ユニット | 105 kg |

LHV: 低位発熱量基準

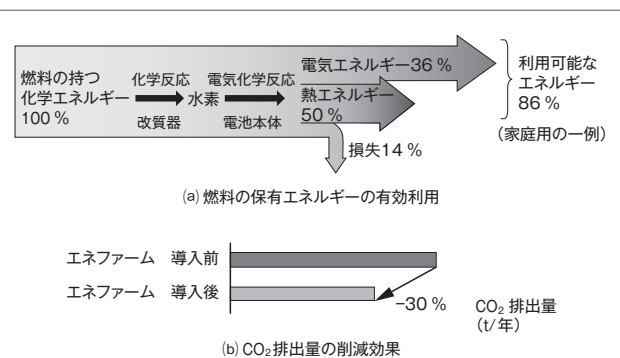


図4. エネファームの導入効果 — 燃料が持っている化学エネルギーのうち約86%を有効に利用でき、CO₂排出量は約30%削減できた。

Advantages of introducing ENE・FARM

ギーのうち約36%が電気として、約50%が温水として利用できる。総合効率として燃料エネルギーの約86%が有効に利用可能である。家庭で発電するため送電損失も低減でき、一次エネルギー、つまり化石燃料の消費量を減らすことが可能で、その結果高いCO₂削減効果を得ることができる。電気や熱の需要により変化はあるが、平均値として一次エネルギーの削減率は約20%、CO₂排出削減率は約30%が達成されていることが、大規模実証事業の試験結果で得られている⁽²⁾。エネファームの導入により、電気や温水の消費量の節約を強いることなく、温暖化対策に貢献できることが期待されている。

3 エネファームの特長とこれを支える技術

エネファームの特長とそれを支える技術について以下に述べる。

3.1 高い省エネ性能

高い省エネ性を実現するためには、電気と熱をそれぞれ高

効率でユーザーに供給することが必要である。単純に発電効率だけに着目すれば、電池のセル枚数を増やせばよいということになるが、商品としてのコスト制約を踏まえたうえで最適化を目指した。発電・排熱回収効率は、定格出力域だけピーク的に向上させるよりも、実際に使われる頻度の高い部分出力域の効率を上げることが省エネ性向上に有効である。また、電池本体のセルスタックを安定して動作させるために、電池内部が乾燥しないように加湿することが必要である。当社は、外部設置の加湿器が不要で、また補器動力を大幅に低減でき、起動性に優れた内部加湿方式という独自の技術を採用し、更に高性能な触媒の採用などの高度な電池技術でセル枚数を削減した(図5)。そのうえで、放熱損の低減やインバータの効率向上など、低出力領域の効率を向上させるシステム技術で、実運用の効率を改善した。

また、発電出力と需要の不整合を最低限にする制御を行うことや、起動と待機の電力を低減させるための改善を行なった。コージェネレーションシステムでは、発電に伴う排熱を最大限に有効利用することが高効率化につながる。そのため、

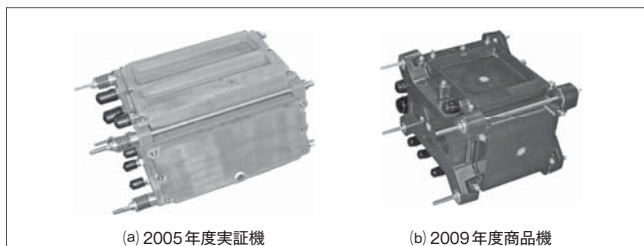


図5. 燃料電池セルスタックの小型化 — 独自の内部加湿方式と高性能触媒の採用などでセル枚数を削減し、商品機は2005年度の実証機に比べて、容積を2/3に、質量をほぼ1/2にした。
Downsizing of fuel cell stack

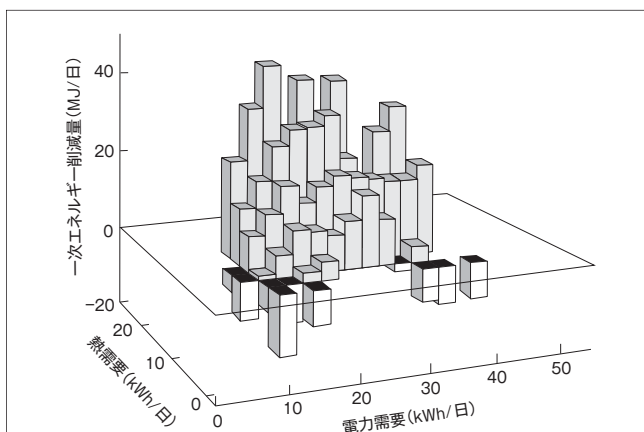


図6. 電力・熱需要と一次エネルギー削減量の例 — 一次エネルギー削減量は電気や熱需要により変化する。熱需要の多い家庭ほど省エネ効果が高い傾向がある。

Example of relationship between primary energy savings and electricity and heat demand

大規模実証事業で得られた豊富な運転経験やデータを有効に活用して、ユーザーのエネルギー需要履歴に基づいて最適な運転を行なう学習制御を採用した。

電力や燃料などの一次エネルギーの削減量は、家庭での電力需要と熱需要の使用状況により変化する。この一例を図6に示すが、熱需要の大きい家庭ほど省エネ効果が得られやすいことがわかる。

3.2 業界トップレベルの軽量性とコンパクト化

システムの簡素化は、コストダウン、コンパクト化、軽量化、及び信頼性の向上に直結するため、各構成要素の機能とコスト分析から、徹底した簡素化や機器数の削減を進めた(図7)。商品機は、2005年度に開発した実証機に比較して機器数を約20%削減している。主要機器である燃料電池セルスタックについては、触媒改良などによる電池性能向上を達成し、商品機は、効率を維持しながら2005年度実証機比でセル数をほぼ半減した。

発電ユニットの軽量化については、設置作業コスト低減に効果が大きく、商品機では104 kgにまで軽量化した。重機を使った据付け搬入路の確保が難しい住宅への設置でも、貯湯ユニットも含め、二人での搬入・据付け作業が可能である。

また、都市部、とくに既築住宅への設置を考えた場合、メンテナンス時に必要なスペースの低減は、設置可能住居数の増大につながる。当社は、正面からのメンテナンス性を追求した奥行30 cmの薄型設計を実現し、奥行90 cmのスペースに設置できるようにした。

3.3 都市ガスとLPガスの両燃料に対応可能

燃料ガスから水素ガスを取り出す燃料改質装置は、原燃料の種類に合わせた制御が重要となる。当社は、大阪ガス(株)の開発した小型改質器を、都市ガスとLPガスの両燃料に対応して使いこなす制御技術を確認している。燃料流量計などごく一部の機器を除いてハードウェアは同一の構成でありなが

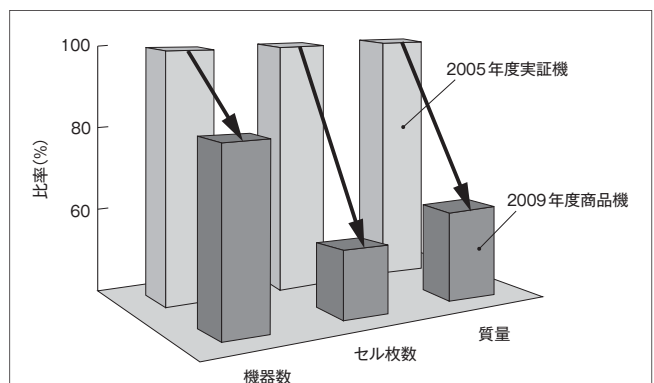


図7. システム簡素化、セル枚数、発電ユニット質量の削減 — 各構成要素の機能とコスト分析から徹底した簡素化を進めた。

Results of system simplification as well as reduction in number of cells and weight of fuel cell unit

ら、制御の変更だけで両燃料に対応できるようになった。このことは、調達での共通化や製造での量産効果に寄与し、コストダウンに貢献している。

3.4 高い静粛性

住宅地に屋外設置され、夜間も作動する燃料電池システムには、高い静粛性が要求される。ガスエンジンなど内燃機関による分散電源に比べれば、燃料電池は原理的に騒音が小さいのが特長である。しかし、ガス類あるいは水を供給し循環するブロワやポンプなどの回転機類、またインバータなどの電気基板からのノイズを極力低減する必要がある。

当社は、パッケージの軽量化による剛性の低下と騒音の増大を軽減するため、回転機類のサブモジュール化による制振技術や電磁ノイズの低減など改良を重ね、機器から1mのところでは40 dB (A) という図書館並みの静かさを実現した。

3.5 容易な保守性

商品機はフィルタ類の交換など、2年に1度の定期メンテナンスを予定している。このメンテナンスに要する人件費を低減するため、作業内容の絞り込みと、運転制御にメンテナンスモードを設けて発電運転を継続したままの状態での保守作業ができるようにした。これを可能にしたキーポイントは、燃料改質装置の脱硫剤の交換を不要としたことであり、これにより起動や停止の待ち時間を排除でき、30分以下でのメンテナンス作業が可能である。

また万一の故障発生に際して、修理の時間を短縮するため、故障部位を絞り込んだ形の故障コードをリモコンに表示するようにした。更に、機器類の点検や交換が容易な構造を採用することにより、現地で修理するときの滞在時間を大幅に短縮できるようにした。

3.6 使いやすいユーザーインターフェース

家庭用燃料電池は、一般的な使い方として学習制御による自動運転を行うので、家庭のユーザーが特に意識してスイッチを入れたり切ったりする必要はない。通常台所や風呂場に設

置される給湯器のリモコンが、ユーザーインターフェースとして、**図8**に示すような燃料電池リモコンに置き換わる。このリモコンには、運転状況や省エネ効果が表示され、どのくらい家庭で発電して光熱費を節約できたか、あるいはCO₂削減量などを知ることができる。日常的に電気と熱の利用状況を目視できることから、家庭での省エネ意識向上に役だつことが期待される。

4 あとがき

燃料電池コージェネレーションシステムは省エネ性に優れており、民生部門からのCO₂排出量の削減に大きく寄与するものと期待されている。現在、政府からの補助金がエンドユーザーに支給される普及支援策が取られている。しかし、いっそうの普及促進のために、コストの低減だけでなくエンドユーザーに対するサービスや商品性を更に向上させ、一般家庭への認知を高めていく必要がある。また将来的には、導入数の増大に向けて集合住宅用システムの開発、非常用のバックアップ電源などへの展開、更に設置台数の増加に伴う電力システムの安定性や単独運転防止機能など連系上の課題があり、種々の検討を進めている。

エネファームは商品化が始まったばかりであるが、これら課題に積極的に取り組み、環境にやさしいエネルギー機器を提供していく。

文献

- (1) 岩崎和市, ほか. 燃料多様化を進める1kW級家庭用燃料電池, 東芝レビュー. 63, 9, 2008, p.38-41.
- (2) 木村正. “定置用燃料電池大規模実証事業の実績報告”. H20年度定置用燃料電池大規模実証事業報告会. 東京, 2009-3, 新エネルギー財団. 東京, 2009, p.11-22.

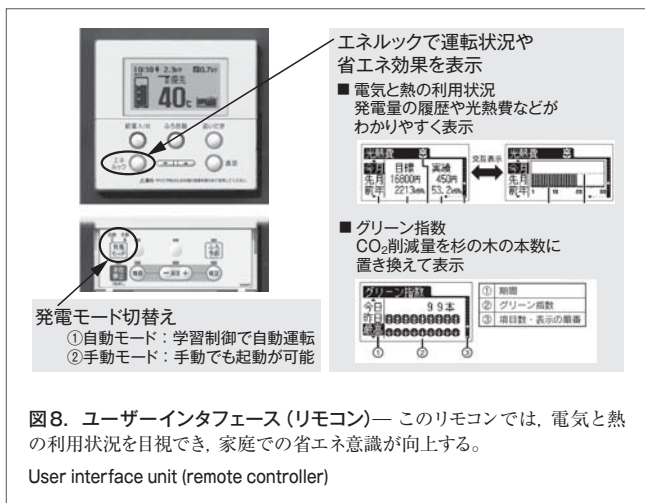


図8. ユーザーインターフェース (リモコン) — このリモコンでは、電気と熱の利用状況を目視でき、家庭での省エネ意識が向上する。

User interface unit (remote controller)



中島 良 NAKAJIMA Ryo

電力システム社 燃料電池事業開発室参事。燃料電池システムの事業開発に従事。日本機械学会, 日本伝熱学会会員。Fuel Cells Business Promotion Dept.



小川 雅弘 OGAWA Masahiro

東芝燃料電池システム (株) 製品部グループ長。燃料電池システムの開発・設計に従事。Toshiba Fuel Cell Power Systems Corp.



宮原 秀夫 MIYAHARA Hideo

東芝燃料電池システム (株) 製品部グループ長。燃料電池システムの開発・設計に従事。Toshiba Fuel Cell Power Systems Corp.